Impactos ambientales de un parque eólico marino. Retos y oportunidades. El caso de Huelva

PROYECTO FIN DE MÁSTER

EOI Escuela de Organización Industrial, Sevilla, 2011

Lidia Sofía Rodríguez Campello

Iván Pereira Lagoa

Noelia Toval Álvarez

ÍNDICE

1. Introducción …… 3
2. Antecedentes
   - 2.1. Evolución histórica de la energía eólica…… 4
   - 2.2. Retos y oportunidades de la tecnología offshore …… 8
   - 2.3. Evolución tecnológica de la energía eólica ……... 9
   - 2.4.Preocupación ambiental …… 15
3. Legislación …… 17
4. Impactos ambientales potenciales
   - 4.1.Medio Físico
     - 4.1.1. Tierra …… 23
     - 4.1.2. Aire …….. 26
     - 4.1.3. Agua …… 27
   - 4.2.Medio Biótico
     - 4.2.1. Aves …….. 30
     - 4.2.2. Bentos ……... 35
     - 4.2.3. Peces …… 39
     - 4.2.4. Mamíferos marinos …… 41
     - 4.2.5. Flora …… 43
   - 4.3.Impactos Socio-económicos.
     - 4.3.1. Conflictos de usos …… 45
     - 4.3.2. Impacto visual …… 49
     - 4.3.3. Impactos sociales y económicos …… 49
5. Caso de Estudio. Análisis de la viabilidad ambiental en Huelva…….. 52
6. Conclusiones…….. 87
7. Referencias…… 88
8. Anexo…… 92

1. INTRODUCCIÓN

La conversión de las fuentes naturales de energía en formas útiles y en las cantidades necesarias para el uso industrial, el transporte y el hogar es algo que ha hecho que hubiera un aumento de la población y de la calidad de vida. (Ghoniem, 2010)

Toda esta demanda de energía, ha hecho que surjan nuevos problemas y es que las fuentes naturales de energía(los combustibles fósiles), se agotan, han aumentado su coste y producen CO_2, el cual contribuye al cambio climático y en consecuencia se ha establecido con el Protocolo de Kyoto, unos valores límite de emisión de CO_2 para cada país. Esto sumado a la actual aversión a la energía nuclear, debido a las medidas de seguridad que deben tener las instalaciones y a los residuos que produce, que llevan procesos de largos años de descontaminación. (Dresselhaus, 2001; IEA, 2007)

Este panorama, presenta una oportunidad para las energías renovables, donde actualmente reúnen aproximadamente el 14% de la demanda de energética en todo el mundo (Sims, 2007; Pimentel, 2002) y una oportunidad de negocio para muchas empresas.

De las tecnologías de energías renovables aplicadas a la generación de electricidad, la energía eólica ocupa un segundo lugar después de la hidroeléctrica, en términos de capacidad instalada y está experimentado un rápido crecimiento. La Unión Europea ha fijado un objetivo obligatorio de una contribución del 20% de energía renovable para el año 2020, lo que equivale al 34% de la producción de electricidad. Se estima que la energía eólica podría aportar un tercio de la producción. (de Vries, 2008) En España, está bastante desarrollada la energía eólica en tierra, pero los usos del suelo se agotan y es necesario ampliar espacio hacia el mar. Para esto sería una gran oportunidad introducir la tecnología de parques eólicos marinos (offshore), ya que en el mar hay menos rozamiento, porque el agua es una superficie lisa, y por lo tanto la velocidad del viento no experimenta grandes cambios, con lo que hay mayores vientos y se amplía el período de vida útil del aerogenerador.

En otros países, como Reino Unido, ya tienen hasta 300MW instalados. El primer parque eólico se construyó en Dinamarca en el año 1991. Tras los años de energía eólica marina en Dinamarca se puede concluir que, aunque se ha requerido una gran inversión económica, la producción de electricidad es más estable y un 20%superior a la terrestre. (Revista medioambiente, 2004)

En España todavía no se ha instalado ningún parque, debido a que faltaba normativa para este tipo de instalaciones. Esto ha quedado subsanado en 2007 con el Real Decreto 1.028, que regula los procedimientos, condiciones y criterios que deben regir la obtención de las autorizaciones y concesiones administrativas que se precisan para la construcción y ampliación de instalaciones ubicadas en el mar.

En Andalucía se ha presentado un proyecto a unos 18 Km del cabo de Trafalgar, en Cádiz. Pero a él se han opuesto gente no informada sobre el tema. Han sido representantes de la flota, argumentando que sería un riesgo para la pesca artesanal y las rutas migratorias de los atunes, y autoridades locales, mantienen que el impacto visual retraerá a los turistas.(Revista medioambiente, 2004)

A pesar de ello, grandes empresas como Abengoa, están interesados en este tipo de energías.

De aquí el gran interés de este proyecto fin de máster.

Ahora, daremos paso a los antecedentes, donde se hablará del paso al mar de la energía eólica, de por qué usar este tipo de tecnología, del desarrollo en I+D y de los antecedentes ambientales.

También se ha hecho un análisis de los impactos que ha producido este tipo de energía en otros países y el ver la posibilidad de instalar un parque eólico en la zona de Huelva, terminando con unas conclusiones.

2. ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA OFFSHORE

2.1. Evolución histórica de energía eólica.

A lo largo de la historia de la civilización el viento ha jugado un papel importante desde su uso como propulsor de barcos, hasta su uso para mover molinos de grano para la producción de harinas.

En el río Nilo ya navegaban barcos de vela propulsados por el viento hace más de 5000 años a.C. pero el mundo occidental descubrió su poder mucho más tarde, puesto que las primeras referencias de maquinas propulsadas por energía eólica datan del siglo XII principalmente para el molino de grano. El rendimiento de estos molinos de viento fue mejorado entre los siglos XII y XIX, pero no se produjo energía eléctrica partir del viento hasta finales del siglo XX gracias al danés Poul Lacour.

La popularidad de este tipo de energía ha fluctuado siempre con los precios de los combustibles fósiles, cuando el precio del fuel se desplomó después de la segunda guerra mundial, el interés por los parques eólicos desapareció.

Con la crisis del petróleo a principios de los 70, el interés por la energía eólica volvió a aparecer. La tecnología eólica ha ido mejorando con los años, antes de los 80 se levantaron numerosas turbinas experimentales pero no fueron comercializadas. En los 80, los primeros parques eólicos fueron construidos en California y a finales de los 90 la energía eólica emergió como una de las principales fuentes renovables sostenibles.

Hoy en día es la principal fuente de energía renovable y ha llegado a ser un sector de negocios internacional ampliándose más allá de sus mercados originales.

Los principales productores de este tipo de energía operan en los cinco continentes. Más de 80 países de todo el mundo utilizan esta energía.

En 1990, una compañía llamada World Wind instaló el primer parque eólico marino, localizado en Norgersun, 250m mar adentro a 7m de profundidad con una potencia de 220kW.

La energía eólica marina se inició en aguas poco profundas del Mar del Norte, donde los recursos de viento son más favorables en comparación con las alternativas terrestres de Europa. La primera instalación fue en Suecia con una sola turbina de 300 Kw en 1990 y la industria ha crecido lentamente en los últimos 15 años. La energía eólica marina en la actualidad representa una pequeña cantidad del total de capacidad instalada en el mundo. Nueve países han explotado esta tecnología: Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Alemania, Irlanda, Italia, Países Bajos, Suecia y el Reino Unido.

Figura1: Parques eólicos de Europa en 2010(gigaom, 2011)

El desarrollo de la energía eólica marina ha sido principalmente en los países del norte de Europa, alrededor del Mar del Norte y el Mar Báltico. El Reino Unido ha instalado más que cualquier otro país durante el año 2008 y Dinamarca el país con la mayor capacidad instalada en alta mar.

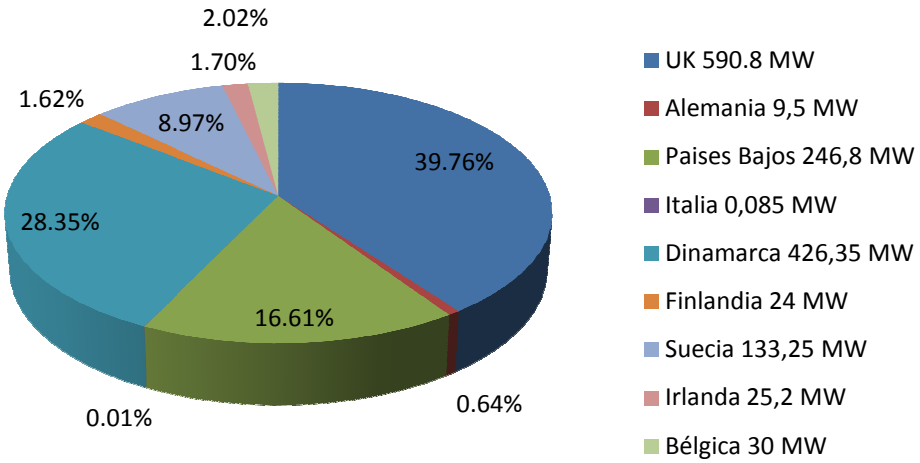


Figura 2: Distribución de la energía offshore en los diferentes países en el 2009(Esteban et Al, 2011)

A finales de 2008, de energía eólica marina representó casi el 2,23% en Europa la energía eólica del total. La mayor parte de la capacidad se ha instalado en aguas relativamente poco profundas (menos de 10 m de profundidad), con el fin de reducir al mínimo los costes adicionales y cables submarinos.

Existen importantes recursos en alta mar para ser explotados en un futuro cercano en Finlandia, Irlanda, Italia, Países Bajos, Noruega y España. En la actualidad la capacidad total es limitada pero el crecimiento es alto. Varios proyectos se desarrollarán en los próximos años. 2009 ha experimentado un desarrollo fuerte en el mercado con un número elevado de proyectos.

El desarrollo de la energía eólica marina en Europa entre los años 1991-2011 se presenta en esta figura (Los proyectos en rojo están en construcción) (4coffshore., 2011)

No	Localización proyecto	Capacidad(MW)	Número de turbinas	Profundidad (m)	Distancia a costa(Km)	Año de instalación	Fabricante de turbinas de viento
1	Vindeby, Dinamarca	4,95	11	2,5-5	2,5	1991	Bonus
2	Lely, Países Bajos	2	4	7,5	0,75	1994	Nedwind
3	Tune Knob, Dinamarca	5	10	0,8-4	6	1995	Vestas
4	Irene Vorrink, Países Bajos	16,8	28	2	0,03	1996	NordTank
5	Bockstigen,Suecia	2,8	5	6-8	3	1998	Winworld
6	Blyth,Reino Unido	3,8	2	6	1	2000	Vestas
7	Middelgrunden, Dinamarca	40	20	5-10	2-3	2001	Bonus
8	Utgrunden I, Suecia	10,5	7	4-10	7	2001	GE
9	Horns Rev I, Dinamarca	160	80	6-14	14-17	2002	Vestas
10	Yttre Stengrund, Suecia	10	5	8-12	4	2002	NEG-Micon
11	Nysted, Dinamarca	165,6	72	6-10	6-10	2003	Siemens
12	Samsø, Dinamarca	23	10	11-18	3,5	2003	Bonus
13	Frederikshavn, Dinamarca	10,6	4	3	0,8	2003	Vestas, Bonus
14	North Hoyle, Reino Unido	60	30	5-12	7,5	2003	Vestas
15	Endemems,Alemania	4,5	1	-	<1	2004	Enercon
16	Arklow Bank, Irlanda	25,2	7	15	10	2004	GE
17	Scroby Sands,Reino Unido	60	30	2-10	3	2004	Vestas
18	Kentish flats, Reino Unido	90	30	5	8,5	2005	Vestas
19	Breitling, Alemania	2,5	1	2	1	2006	Nordex
20	Egmong ann Zee, Países Bajos	108	36	17-23	8-12	2006	Vestas
21	Barrow, Reino Unido	90	30	15	7	2006	Vestas
22	Lillgrund, Suecia	110	48	2,5-9	10	2007	Siemens
23	Beatrice, Reino Unido	10	2	40	25	2007	Repower
24	Burbo Bank, Reino Unido	90	25	10	5,2	2007	Siemens
25	Thornton Bank phase1, Bélgica	30	6	12-27	27-30	2008	Repower
26	Kemi Ajos phases 1+2, Finlandia	24	8	-	<1	2008	-
27	Hooksiel, Alemania	5	1	2-8	0,4	2008	Enercon
28	Birindisi, Italia	0,08	1	108	20	2008	Blue H
29	Princess Amalia, Países Bajos	120	60	19-24	23	2008	Vestas
30	Inner Dowsing, Reino Unido	90	30	10	5,2	2008	Siemens
31	Lynn, Reino Unido	97	30	10	5,2	2008	Siemens
32	Horns Rev II, Dinamarca	209	91	9-17	30	2009	Siemens
33	Rhyl Flats, Reino Unido	90	25	-	8	2009	Siemens
34	Alpha Ventus, Alemania	60	12	30	45	2009	Repower, Areva
35	Thanet, Reino Unido	300	100	20-25	12	2010	Vestas
36	Rödsand II, Dinamarca	207	90	6-12	8,8	2010	Siemens
37	Robin Rigg, Reino Unido	180	60	0-12	11	2010	Vestas
38	Gunfleet Sands, Reino Unido	173	48	0-13	7	2010	Siemens
39	Belwind phase 1, Bélgica	165	55	15-30	46	2010	Vestas
40	Donghai Bridge, China	102	34	7	9	2010	Sinovel
41	Longyuan Rudong Wind Farm, China	32	16	-	3,5	2010	
42	Baltic 1, Alemania	48	21	16-19	16	2011	Siemens
43	Walney phase 1,Reino Unido	184	51	19-23	14	2011	Siemens
44	Datang Laizhou III, China	50	33	-	-	2011	
45	London Array phase 1, Reino Unido	630	175	0-23	20	2012	Siemens
46	Greater Gabbard, Reino Unido	504	140	4-37	36	2012	Siemens
47	Sheringham Shoal, Reino Unido	317	88	14-23	23	2012	Siemens
48	Lincs, Reino Unido	270	75	7-12	8	2012	
49	Walney phase 2, Reino Unido	184	51	24-30	14	2012	Siemens
50	Ormonde, Reino Unido	150	30	17-21	9,5	2012	Repower
51	Tricase, Italia	92	26	118	20	2012	

En 1991 Vindevy, Dinamarca, se construyó el primer parque eólico comercial con una potencia de 4,5MW constituida por 11 torres de 450kW cada una, a una profundidad comprendida entre 2,5-5m con una producción anual de 12GWh/año.

En 1995 Dinamarca construyó su segundo parque eólico en Tuno Knob. Este parque tenía una potencia de 5MW formado por 10 turbinas de 500kW cada una a una profundidad comprendida entre 0,8-4m y la producción anual de energía fue de 16 GWh/año.

En 2002 Horns Rev, se construyó el parque eólico más grande con una producción total de 160 MW, formado por 80 torres de 2MW cada una, localizadas a una distancia de 14-17km mar adentro y a una profundidad entre 6-14m. En 2003 se construyeron en Dinamarca 3 parques eólicos. El primero es Frederikshavn, con una potencia de 10,6 MW formado por cuatro torres de 2,65MW. La segunda es Samso island con una producción total de 23MW, formado por 10 torres de 2,3MW cada una, colocadas a una profundidad de 20m y a 3,5km de la costa. El tercero y último es Nysted con una producción total de 165,6MW.

Holanda es el país que cogió el testigo de parques eólicos marinos de Dinamarca. En 1994 en un lugar llamado Lely se construyó el primer parque holandés, en aguas de profundidad entre 5 y 10 m y una potencia de 2MW, consistente en 4 turbinas de 500 KW. Dos años después de la construcción de Lely, en una región llamada Irene Vorrink se construyó el segundo parque holandés de 16,8 MW. 28 turbinas de 600 KW fueron construidas en este lugar. Aparte de estas dos, se construyeron en Holanda *Egmon Ann Zee* en el 2006 y *Prinses Amalia*.

El primer paso hacia un mejor aprovechamiento de la eólica marina tuvo lugar en Suecia. Ocho años después de la instalación del primer parque en 1998 en Bockstingen, 5 turbinas de 550 KW fueron instaladas. Éstas se instalaron a una distancia de 3 Km mar adentro a una profundidad de 6m. En 2001 y 2002 se construyeron dos nuevos parques. El primero fue *Utgrunden*, 7km mar adentro y con una profundidad entre 4 y 10m. El segundo es *Yttre Stengrund*, con 5 turbinas de 1425 KW cada una. En 2007 se construye *Lillgrund* con un total de 110MW.

En Irlanda, el primer parque se construyó en 2004. Incluye 7 turbinas de 3,6 MW cada una, a una distancia de 10 km mar adentro y en profundidades de entre 5 y 25 m. (Bilgili M. et Al, 2011)

Alemania inauguró el 11 de mayo de 2010 su primer parque eólico en alta mar. Se llama *Alpha Ventus* y está situado en el Mar del Norte, a 45 km de la isla Borkum, en el que se han invertido 250 millones de euros. Consta de 12 molinos de viento más grandes de lo habitual, 150 m de altura y 30 m bajo las aguas. Al cabo del año supondrán 220 giga vatios, que contribuirán al objetivo alemán de generar el 30% de su electricidad y el 14% de su calefacción a través de energía eólica y biocombustibles antes del 2020. (ecológicaLBV, 2011)

Gran Bretaña construyó su primer parque en el año 2000 en un área llamada Blyth in south-west England con una potencia de 3,8 MW. Su segundo parque es *North Hoyle* con 30 turbinas de 2 MW. *Scroby Sands* es el tercer parque construido en el 2004, *Kentish Flats* en 2005, *Barrow* en 2006 y *Beatrice* en 2007. Beatrice es el parque construido a mayor profundidad hasta la fecha, con un total de 10 MW.

En Francia el desarrollo de este tipo de energía es lento, pues no existe legislación específica o administrativa para el desarrollo de la eólica marina. Empezó a prepararse el proceso para el primer parque en 2005, pero debido a los largos procedimientos de autorización, su construcción fue retrasada. A día de hoy no hay ninguno en construcción. (Bilgili M. et Al, 2011)

Actualmente, la energía eólica es la que se está desarrollando a mayor velocidad tanto en Europa como en el resto del mundo. En 2008 se instaló en Europa la mayor planta de generación eléctrica lo que hace que la energía eólica esté por encima de cualquier otra energía.
A finales de 2008, 160.000 personas obtuvieron empleo en este sector y la eólica se convirtió en una baza importante en el mercado de las energías. Indirectamente se generan 400.000 puestos de trabajo y se espera que lleguen a ser millones en un futuro próximo.
Aproximadamente el 55% de la capacidad eólica total instalada del mundo está en Europa, el 23% América y 20% en Asia. En la Unión Europea, la capacidad eólica instalada se ha incrementado en un promedio de 27% anual en los últimos 10 años, de 6453MW en 1998 a 65.933 MW en 2008. La capacidad eólica instalada en los países líderes y en el mundo entre los años 1980 y 2008.

2.2. Retos y oportunidades de la tecnología offshore

Antes de describir cómo funciona un aerogenerador y de qué está compuesto, vamos a ver por qué es preferible la tecnología offshore frente a la onshore, cuando se dan las circunstancias necesarias.
Para comenzar, en tierra el espacio puede estar más limitado por los distintos usos del suelo, problema que en el mar no nos encontramos. En el mar hay menos irregularidades que en la superficie de la tierra, con lo cual la velocidad del viento sobre el mar es mayor, al no existir casi rozamiento, y es más uniforme. Por otra parte en el mar hay menos impactos al medioambiente, y por lo tanto puede tener mejor aceptación en la sociedad, etc. (Esteban et Al, 2010)

Visto ya el paso de la tecnología onshore a la offshore, vamos a compararlos según tres aspectos:

- Materiales: Los parque eólicos marinos, son construidos, en general, a 10 km de la costa y a 10m de profundidad, esto hace que se requieran estructuras más sólidas. Esto está en continuo estudio, debido a que tienen que conseguir estructuras que resistan a altas cargas y a la erosión. También, en el mar es más compleja la construcción y el mantenimiento, requiere de buques especiales para estas tareas.

- Impacto ambiental: en cuanto al visual, en el mar se elimina gran parte, debido a que el menor cizallamiento con el viento, se pueden construir torres más bajas, con lo cual son menos visibles. En cuanto al ruido, la distancia de 10 km a tierra hace que no llegue el ruido.

- Costes: una ventaja, de la construcción de parques eólicos en el mar es la uniformidad del viento, lo cual hace que disminuya la fatiga de los aerogeneradores, y por lo tanto, aumente la vida útil de los mismos.
  En el mar aumentan los costes debido a las complejas operaciones de construcción y mantenimiento de los parques, por el entorno donde se desarrollan y también porque puede haber condiciones climáticas desfavorables. También, por las infraestructuras eléctricas, donde hace falta construirlas enteras, porque en el mar no hay ningún tipo de conexión eléctrica.

Por otro lado, el coste de los aerogeneradores en un parque onshore es aproximadamente un 75% del coste total del proyecto, mientras que en las offshore este porcentaje es del 33%, debido a los altos costes de las operaciones que han de realizarse en el mar.

En tierra, el coste de un aerogenerador en Europa es de alrededor de 1,23 millones €/MW, donde el 76% es la turbina, el 9% la conexión a la red eléctrica y el 7% a la cimentación. En el mar los costes de inversión son más elevados, por ejemplo, la instalación de la turbina cuesta el 20% más, y las cimentaciones y la torre, unas 2,5 veces más que en tierra. También dependerá del clima, las condiciones de las olas, la profundidad del agua y la distancia a costa. Estos altos costos en el mar, se ven compensados por una mayor producción de electricidad, debido a que la velocidad del viento es mayor que en la tierra.

En la siguiente figura podemos observar las inversiones esperadas por la energía eólica, tanto terrestre como marina, del 2000 al 2030, en la Unión Europea. Aquí vemos lo que antes decíamos de que a pesar del alto coste de inversión en la tecnología offshore con respecto a la onshore, al final da mayor producción la offshore, compensando los gastos de inversión. (EWEA, 2009)

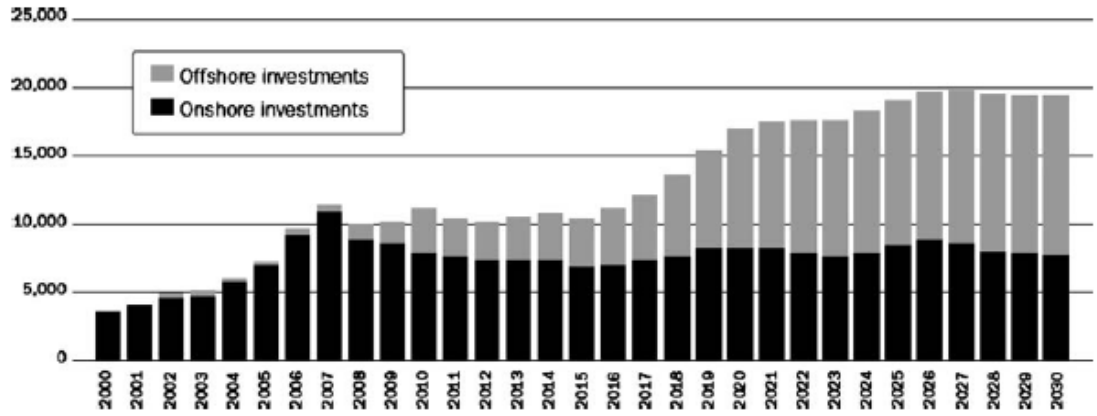


Figura 3: Inversiones de la energía eólica desde el 2000 hasta el 2030(en millones de €) en la UE.

2.3. Evolución tecnológica de la energía eólica

- **Componentes y materiales:**

✓ **Bases o fundaciones** (Se especificarán los diferentes tipos en la siguiente sección).

✓ **Torres**

Las torres de celosía tienen un costo relativamente bajo. Son fáciles de construir ya que típicamente están formadas por perfiles angulares de acero. Son fáciles de transportar, prácticamente en cualquier tamaño; pero es necesario verificar periódicamente que en las uniones de todos los perfiles angulares los tornillos se mantengan apretados adecuadamente, Esto es necesario para que se conserve la frecuencia natural de diseño y se eviten problemas de resonancia. Además, su rigidez limita su capacidad para absorber fluctuaciones de carga. En estas torres, el acceso al chasis se realiza por medio de escaleras tipo marino, montadas sobre un costado. A pesar de que cuentan con protecciones, subir a ellas en condiciones de baja temperatura y vientos intensos tiene un grado de dificultad importante.

✓ Rotor y palas

El rotor es el componente que ayuda a las palas del rotor a convertir la energía del viento en movimiento mecánico rotacional. El rotor está compuesto por las palas y el buje. El buje es el centro del rotor y se fabrica de hierro o acero fundido.

La experiencia ha demostrado que el rotor de tres palas es más eficiente para la generación de energía en las grandes turbinas, debido a una mejor distribución de masa, lo que permite una rotación más estable. Las palas del rotor son fabricados fundamentalmente de fibra de vidrio reforzado con plástico.

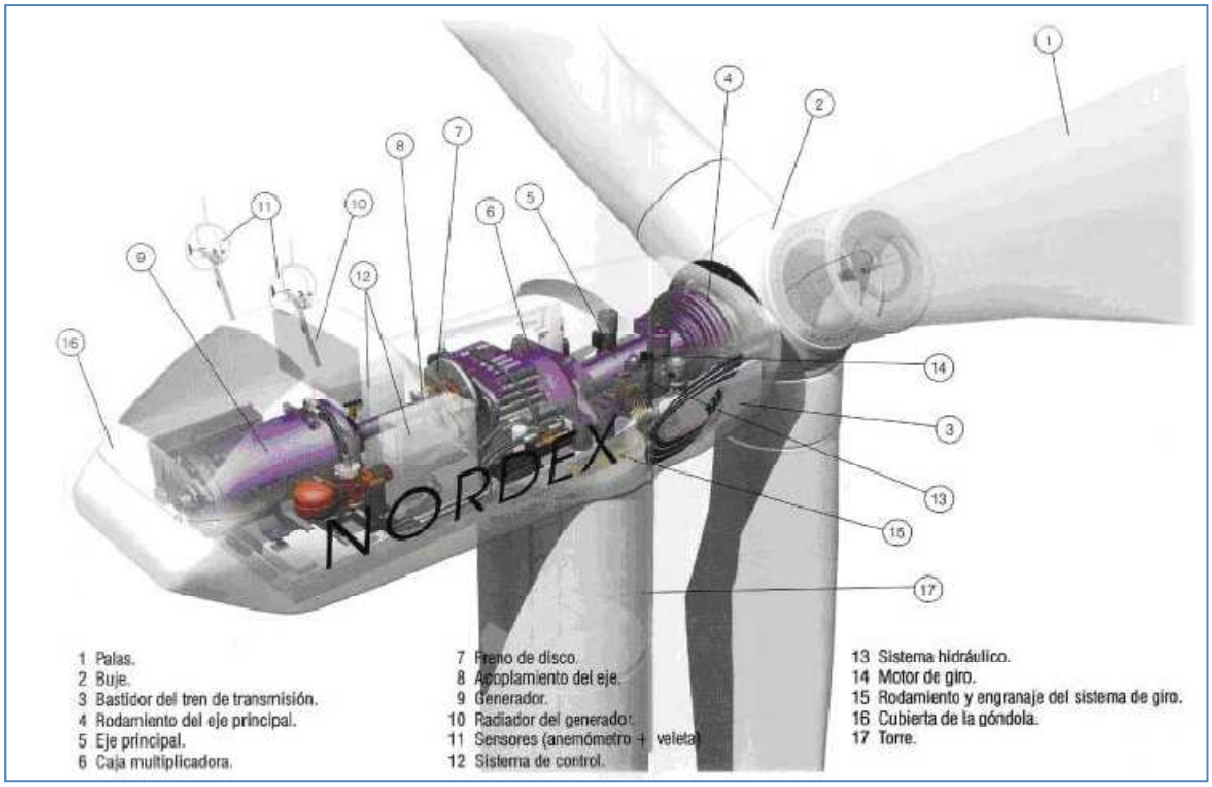
✓ Góndola

La góndola soporta toda la maquinaria de la turbina y debe ser capaz de rotar para seguir la dirección del viento, por lo que se une a la torre mediante rodamientos. En la góndola se encuentra la caja multiplicadora compuesta por acero y hierro; el generador formado por cobre, acero al silicio y aluminio.

Un sistema de generación eólica está formado por otros subsistemas menores que realizan una determinada función.
A continuación se enumeran los diferentes subsistemas principales que constituyen una góndola: (G.Barrios et Al, 2011)

- Caja de engranajes.
- Generadores eléctricos.
- Sistemas de regulación de potencia y de velocidad.
- Sistemas de orientación.
- Sistemas de conexión a red.
- Sistemas de seguridad.
- Controladores electrónicos locales.
- Elementos de acoplamiento mecánico.
- Chasis principal.

Figura 4: Detalle de la góndola, palas y torre.*(*Eólica Nordex, 2010)



Componentes	Lugar y tipo	Peso total(ton)	Materiales
Base	Offshore trípode	130	Acero
	Offshore monopilote	415	Hormigón y acero
	Offshore gravedad	4175	Hormigón, acero y grava
Torre	Offshore celosia	288	Acero y pintura
Góndola	Onshore y offshore	124	Fibra de vidrio reforzada, acero, Cobre, aluminio, hierro
Palas	Onshore y offshore	9,2	Fibra de vidrio reforzada

Tabla 5: División de partes y materiales para un aerogenerador modelo de 2,5 MW.

- **Estructuras de soporte**

✓ Estructuras de base gravedad
✓ Monopilas
✓ Trípode
✓ Flotación

Hasta ahora, la mayoría de los parques eólicos en alta mar se han construido sobre las llamadas " Gravity Base Structures" (GBS) , para aguas poco profundas. En aguas de más profundidad de usan monopilas.

1. Gravity Base Structures (GBS)
   Las GBS se usaron en los tres primeros parques daneses que se construyeron. La figura muestra el anclaje usado en el parque de *Middelgrunden*. La estructura consta de una gran base, que tiene que resistir las fuerzas impuestas por el rotor de la turbina, y cuyo tamaño dependerá del clima y las condiciones del terreno. A nivel de las aguas superficiales, la estructura tiene forma de cono con la finalidad de romper el hielo en zonas poco saladas del mar Báltico. El nivel del agua debe permanecer a la altura de la superficie inclinada del cono. Estos conos reducen la carga de hielo, ya que las capas de hielo se doblan hacia abajo y se rompen. Este aumento en la superficie de la estructura también supone un incremento en la carga del oleaje contra el molino.

2. Monopilas
   La filosofía de diseño actual para parques en profundidades mayores de 20 metros está basado en las monopilas, cuya instalación depende de las propiedades del suelo, profundidad y experiencia de los contratistas. Éstas son estructuras relativamente complicadas y por tanto, más difíciles de diseñar. Las incertidumbres en cuanto a las condiciones del fondo pueden dar como resultado una estructura bastante diferente a la que fue diseñada, con todos los problemas de resonancia y oscilaciones derivadas de ello.

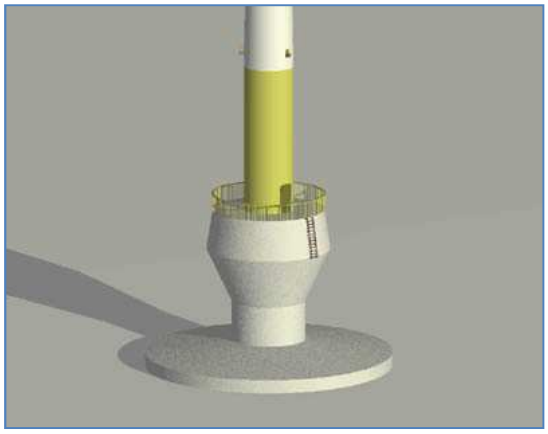


Figura 6: Estructura con base gravedad.

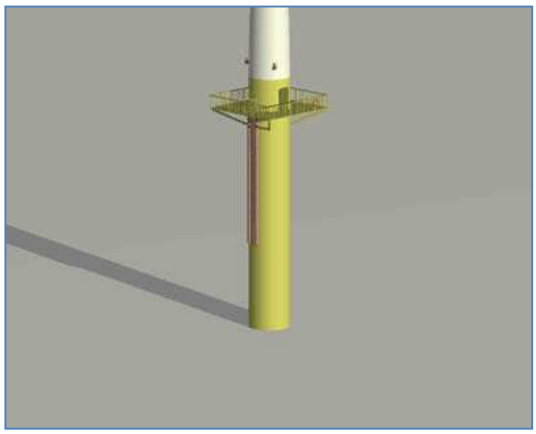


Figura 7: Monopila

3. Trípode

Para aguas profundas, las estructuras con forma de trípode están en proceso de estudio, y no se está seguro que sean la solución definitiva. Por ahora hay un caso de parque eólico con trípode, la primera turbina construida en el parque sueco *Norgersund*, si bien se trata solo de una pequeña turbina situada en aguas superficiales y por tanto, poco probable que sean construidas en el futuro. (offshorewindenergy ,2011)

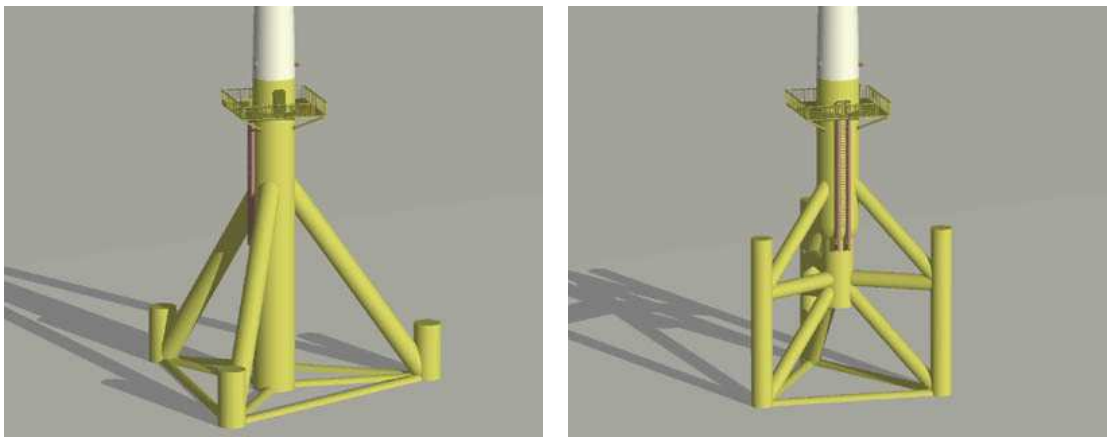


Figura 8: Estructuras en trípode.

4. Flotación

Estas plataformas tienen su potencial en aguas muy profundas (100- 300 metros). La ventaja principal desde el punto de vista ambiental de los molinos de viento flotantes es que la perturbación al fondo marino de reduce considerablemente.

Parte de la torre se encuentra sumergida bajo el nivel del mar. La parte inferior está rellena con olivino y ayuda a equilibrar el molino. La parte superior por debajo del nivel del mar está rellena con aire y hace flotar al molino.

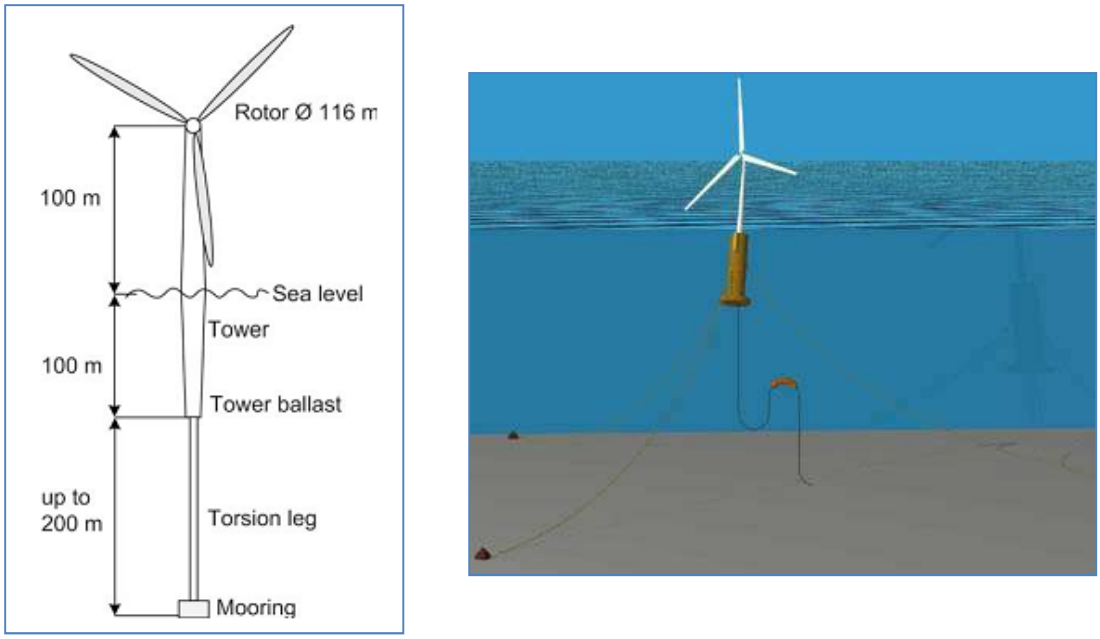


Figura 9: Estructuras flotantes. (Weinzettel J et Al, 2011)

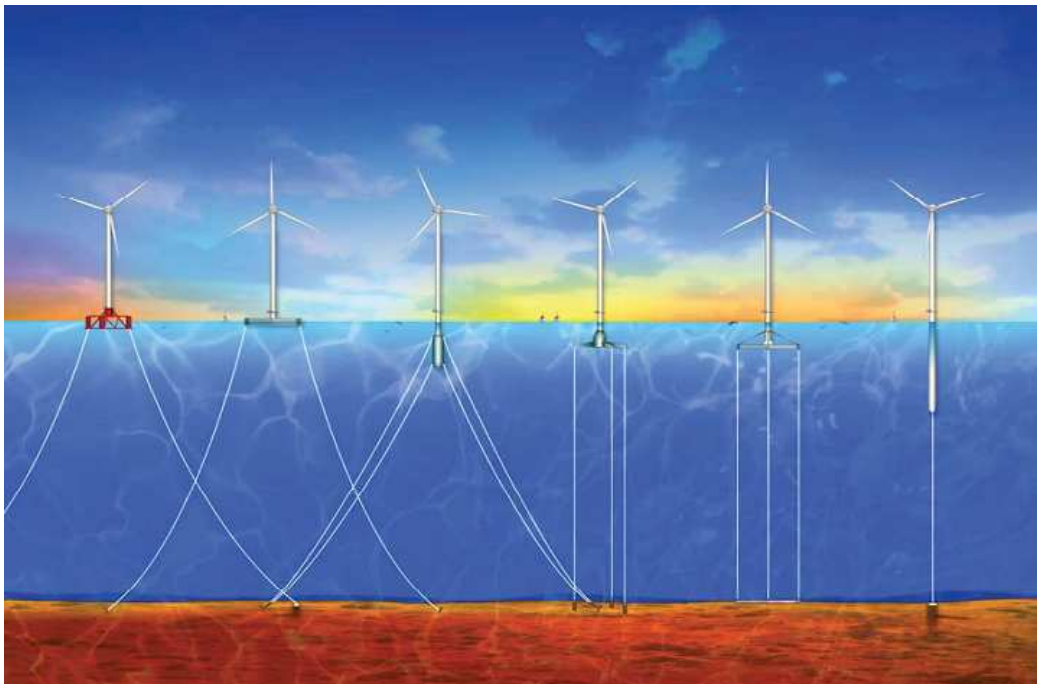


Figura 10: Anclajes en plataformas flotantes >60 m.

- **Parques eólicos marinos y la profundidad**

En esta ilustración se resumen los distintos tipos de estructuras dependiendo de la profundidad a la que queramos nuestro parque. Tanto la tecnología tipo trípode como la flotante están en fase experimental.

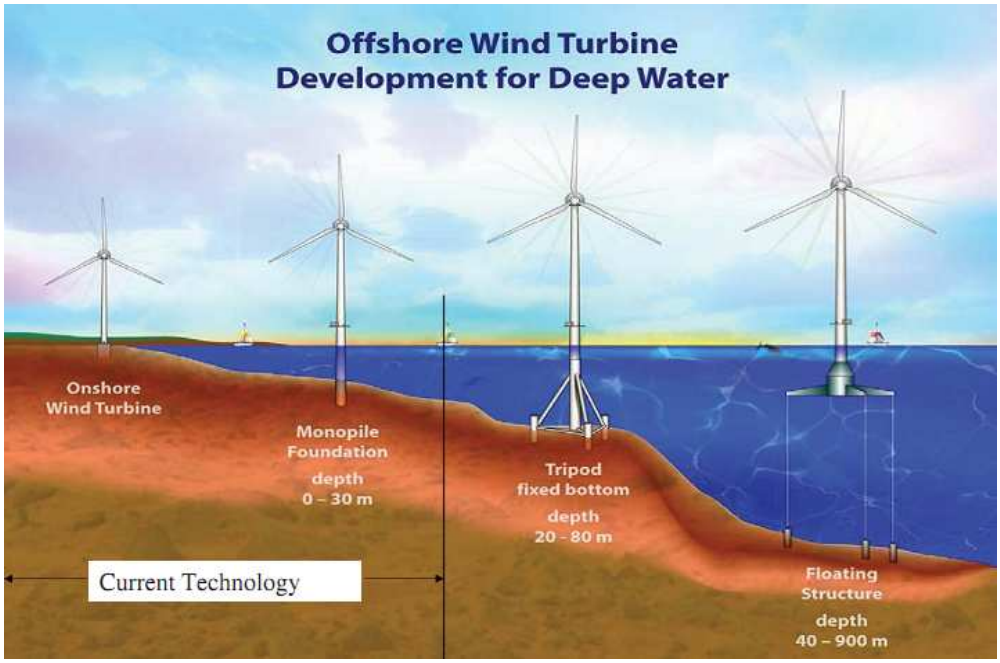


Figura 11: Distintos tipos de anclaje según profundidad.

- **Modo de llegada de la energía**

Los parques eólicos se conectan a tierra por cables submarinos enterrados para reducir el riesgo de daños ocasionados por equipos de pesca, anclas, etc. En zonas estratégicas del parque se colocan, entre otras instalaciones de servicio, centros de transformación que convierten la baja o media tensión en alta para favorecer así el transporte hasta la costa. Una vez en tierra, tan sólo resta conectar la línea eléctrica con la red de distribución existente.

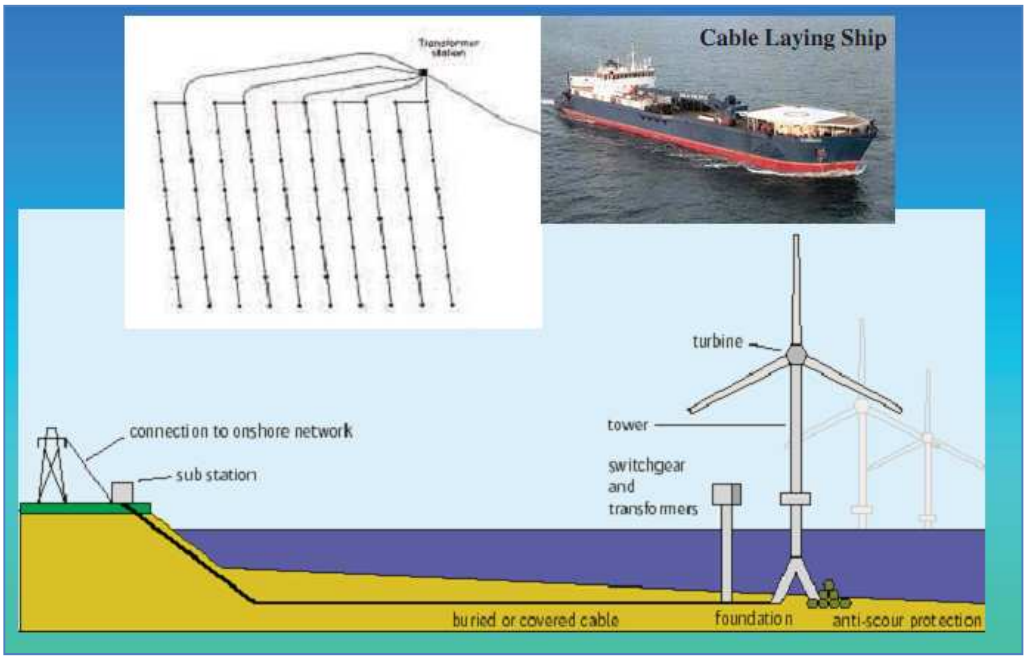


Figura 12: Esquema de llegada de la energía a tierra. (Mike Robinson, 2006)

Cada molino se encuentra unido con los adyacentes mediante cable submarino, de manera que al transformador le llega la energía generada por todo el parque. Este transformador igualmente mediante cable cubierto o submarino lleva la energía a una a una subestación en tierra, y de ahí a la red eléctrica general.

2.4. Preocupación ambiental:

La evaluación del impacto ambiental surge en el final de los años 60 en Estados Unidos con el nombre de "environmental impact assessment" (E.I.A.) en algunos casos en lugar de "Assessment" se puede encontrar Analysis o Statement. La EIA introduce las primeras formas de control de las interacciones de las intervenciones humanas con el ambiente (ya sea en forma directa o indirecta), mediante instrumentos y procedimientos dirigidos a prever y evaluar las consecuencias de determinadas intervenciones. Todo esto con la intención de reducir, mitigar, corregir y compensar los impactos.

En 1969 se da un paso adelante, en los Estados Unidos, con la aprobación del "National Environmental Policy Act" (N.E.P.A.). Esta normativa dispone la introducción del EIA, el refuerzo del "Environmental Protection Agency" y dispone la creación del "Council on Environmental Quality".

En el 1979 se aprueba el "Regulations for implementing the Procedural Previsions of N.E.P.A.", un reglamento que vuelve obligatorio el EIA para todos los proyectos públicos, o que estén financiados por fondos públicos. El estudio del impacto ambiental es ejecutado directamente por la autoridad competente en otorgar la respectiva licencia final, está prevista la emanación de dos actos separados: uno relativo a la evaluación de los impactos ambientales y el otro relativo a la autorización de ejecutar la obra.

En 1973 en Canadá surge la norma "Environmental Assessment Review Process", una norma específica referida a la evaluación del impacto ambiental, siguiendo en líneas generales la normativa de los Estados Unidos. En el 1977 se introducen cambios en la normativa sin alterar su sustancia. La norma se aplica a proyectos públicos o a proyectos financiados con recursos públicos.

En 1976 en Francia se aprueba la ley n. 76-629 (del 10 de julio del 1976), relativa a la protección de la naturaleza. Esta ley introduce tres niveles diferentes de evaluación: Estudios ambientales, noticias de impactos y estudios de impactos. Se inician las bases para el estudio de impactos ambientales en el ámbito europeo.

En efecto en 1985 la Comunidad Europea emana la Directiva 337/85/CEE referida a evaluación del impacto ambiental en determinados proyectos públicos y privados. La primera aplicación de esta nueva normativa se da en Holanda, en 1986, aprobando una norma ampliada, con particular énfasis en las evaluaciones a ser efectuadas en fase de diseño. El elemento central de la norma holandesa es el análisis comparativo de las alternativas y evaluación de sus respectivos impactos, con la finalidad de determinar la mejor solución en términos ambientales. (Boletín IDEA-PUCP, 2009)

Las sucesivas directivas provenientes de la Unión Europea obligaron a España a trasponer en su normativa la legislación del impacto ambiental. En un principio existió cierta oposición a la evaluación de impacto ambiental por considerar que cumplir dicha normativa haría menos competitiva a las empresas, aunque a la larga se ha visto que es necesario tener en cuenta los factores ambientales en el estudio de proyectos. La transposición se ha realizado de la siguiente forma:

Directiva europea 85/337/CEE que se traspasaría el 28 de junio de 1986 en Real Decreto Legislativo (RD 1302/1986 de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental)

obligando a realizar evaluación de impacto ambiental a industrias extractivas a cielo abierto, explotaciones agrícolas y grandes presas, además de las obligadas por la Unión Europea: aeropuertos, carreteras, ferrocarriles, eliminación de residuos peligrosos o radiactivos, cementeras, acerías, centrales térmicas e industrias químicas (incluyendo refinerías de petróleo).

Ley 6/2001 de 8 de mayo de Impacto Ambiental, obliga a la realización de evaluación en 112 tipos de proyectos, añadiendo 62 donde se obliga al estudio.

Ley 2006 sobre Evaluación Ambiental de Planes y Programas. La ley impone que los planes y programas se evalúen desde el punto de vista ambiental. Esto se debe a que numerosos proyectos se realizaban en función de planes realizados por el Estado y estos planes no eran estudiados desde el punto de vista ambiental, por lo que los proyectos realizados en conjunto podían crear un importante impacto ambiental. Esta nueva ley obligó además a exponer al público el plan y recoger todas las alegaciones posibles que deben aparecer en la Memoria Ambiental y que junto con el Informe de Sostenibilidad Ambiental (ISA) conforman los documentos necesarios para decidir si aprobar un plan o no.

El Real Decreto Legislativo 1/2008 del 11 de enero es la disposición vigente actual.

Desde la instalación de los primeros parques eólicos se ha criticado la mortalidad que producen en las aves los inmensos aerogeneradores. El ejemplo más claro y conflictivo es la zona de Tarifa, punto clave de la migración Europa-África de aves y uno de los primeros lugares donde se instalaron los grandes parques eólicos en España. (Energías Renovables, 2010).

En el año 2006, Greenpeace elaboró una de Guía Metodológica para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental de Parques Eólicos Marinos (Greenpeace, 2006) pero actualmente el CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) participa en la creación de la norma que regulará los requisitos para el diseño de aeroturbinas marinas.

CENER ha iniciado una nueva línea de trabajo en el sector de las Plantas Eólicas Marinas, esto ha permitido su familiarización en la utilización de códigos de modelización de plantas eólicas marinas. Forma parte del grupo de trabajo de AENOR, en la elaboración de la norma IEC 61400/3, "Aerogeneradores. *(CENER)*

Está previsto que en Catalunya dentro de unos años entre en funcionamiento el primer parque eólico marino de España. En concreto el parque eólico se instalará frente a la costa de Tarragona entre Vandellòs y el Delta del Ebro.

En 1996 en el puerto de Bilbao, en la parte más alejada del dique de Punta Lucero, se instalaron cinco aerogeneradores de 120 metros de altura. La electricidad generada por estos aerogeneradores es transportada hasta tierra firme gracias a un cableado subterráneo de 2,3 km. Estos aerogeneradores del puerto de Bilbao podrían considerarse el primer parque eólico marino de España, aunque expertos afirman que no deben ser considerados como tales por su excesiva proximidad a la costa.

En 1997 hubo otra tentativa de proyecto eólico marino en nuestro país. Un grupo de empresarios propuso una instalación eólica marina y una gran planta de acuicultura en la bahía de Cádiz. El proyecto "Mar de Trafalgar" consistía en la construcción de 270 aerogeneradores a 18 km de la costa. Debido a las protestas, por los posibles daños a la pesca y el impacto visual, de grupos ecologistas y sociales de Cádiz este proyecto quedó paralizado. (Energías Renovables, 2010)

Ejemplos reales de evaluación de impacto ambiental de parques eólicos marinos los podemos encontrar en el norte de Europa:

En la costa danesa los parques Horns Rev y Nysted se construyeron tras una exhaustiva evaluación de impacto ambiental. Demuestran que tras años de funcionamiento, los parques

eólicos marinos, se pueden diseñar y operar sin producir daños significativos para el medioambiente marino. Los programas integrales de monitoreo ambiental de Horns Rev y Nysted bajo las condiciones adecuadas, presentan un riesgo bajo para aves, mamíferos y peces. El monitoreo también muestra que la adecuada ubicación de los parques eólicos marinos es una condición esencial para asegurar un impacto limitado en el medioambiente. (Danish offshore wind, 2006)

Otro ejemplo lo encontramos en el Reino Unido con el proyecto Beatrice. En él se hace una descripción del proyecto y después se evalúan los posibles impactos que puede generar como: efectos del ruido en mamíferos marinos, efectos de las turbinas en aves, efectos en el fondo marino, efectos en las telecomunicaciones y aviación, efectos en la navegación, efectos en la pesca, efectos sociales… Tras los cuales se llega a la conclusión de que no son impactos significativos. (Beatrice, 2005)

3. LEGISLACIÓN

La mayoría de leyes que afectan a la energía eólica tipo offshore no son leyes exclusivas para este tipo de parques, ni para esta forma de energía en particular. A nivel estatal, y centrada en la eólica offshore, tan solo tenemos el **Real Decreto 1028/2007**, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial. Es el Real Decreto más importante para nuestro proyecto y supone un gran adelanto en un país donde este tipo de energías no tiene aún implantación.
Expondremos los puntos clave tanto del Real Decreto 1028/2007 como de otra normativa que resulta de aplicación. Nos detendremos más en el Real Decreto por contener el procedimiento necesario para la implantación del parque eólico.

Real Decreto 1028/2007

La regulación normativa del **Real Decreto** pretende recoger toda la normativa nacional que resulta de aplicación e integrarla en un solo procedimiento administrativo, con la finalidad de orientar a la iniciativa privada sobre el tratamiento administrativo al que deberán someterse.

De conformidad con lo previsto en el Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, corresponde a la Administración General del Estado, a través de la Dirección General de Política Energética y Minas la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eólica en el mar territorial. Las instalaciones de generación que se pretendan ubicar en el mar territorial, tendrán que instalar una potencia mínima de 50 MW.

Es competencia del Ministerio de Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Costas, otorgar las autorizaciones y concesiones de ocupación del dominio público marítimo-terrestre, actuando como órgano ambiental.

La zona marina se encuentra dividida en áreas eólicas marinas. La zona marina que a nosotros nos ocupa es la número 13 y se encuentra al final de este documento.

- **Procedimiento de autorización de la instalación**

    1. **Presentación de la solicitud de reserva de la zona**

El solicitante presentará la solicitud de reserva de la zona para la realización de los estudios previos a la solicitud de un parque eólico marino. El contenido de la solicitud de reserva es el siguiente:

- ✓ Acreditación de la capacidad del solicitante
- ✓ Memoria resumen en la que se detallará la superficie para la que se solicita el proyecto y que será objeto de la reserva de zona, así como los estudios previos:
  - o Superficie para la que se solicita la reserva.
  - o Objeto de la investigación a desarrollar en la zona que se reserve, la instalación a implantar, el plan de inversiones y el plan de restauración adecuado para restituir el dominio público a su estado original para el caso que el proyecto no llegara a ejecutarse.

- ✓ Anteproyecto de la instalación por triplicado, que deberá contener:

  - o Memoria en la que se consignen las especificaciones siguientes:
    - ▪ Ubicación de la instalación, así como origen, recorrido y fin de las líneas de evacuación eléctrica de la misma.
    - ▪ Objeto de la instalación, con indicación del número de aerogeneradores previstos, potencia y ubicación estimada.
    - ▪ Características principales de la instalación.
    - ▪ Condiciones de eficiencia energética, técnicas y de seguridad de la instalación propuesta.
    - ▪ La información necesaria para la iniciación de la evaluación de impacto ambiental.
    - ▪ Circunstancias del emplazamiento de la instalación y criterios elegidos para su emplazamiento físico.
    - ▪ Descripción de los recursos eólicos, con base en datos históricos suficientes y modelos fiables.
    - ▪ Evaluación cuantificada de la energía eléctrica que va a ser transferida a la red.
    - ▪ Estudio de viabilidad.
    - ▪ Condiciones de tráfico marítimo de la zona y protección de la navegación y de la vida humana.

- ✓ Separata para las Administraciones públicas, organismos y empresas afectadas por la instalación.

2. Procedimiento de caracterización del área eólica marina

Se entiende por documento de caracterización de área eólica marina la recopilación de todos los informes emitidos por las Instituciones afectadas en relación con las previsibles afecciones que la instalación del parque puede tener

sobre el entorno que lo rodea. El ámbito de la caracterización comprende la totalidad del área, no solo el polígono afectado.
El contenido es el siguiente:

- Efectos sobre la actividad pesquera.
- Efectos sobre la flora y fauna.
- Efectos sobre las aves.
- Efectos sobre la navegación marítima.
- Efectos sobre la navegación aérea.
- Efectos sobre el turismo, patrimonio histórico y arqueológico y sobre el paisaje.
- Efectos sobre la geomorfología y las comunidades biológicas del fondo marino.
- Efectos sobre las playas.
- Efectos sobre la dinámica litoral y la estabilidad de las costas adyacentes.
- Efectos sobre los espacios marinos sometidos a un régimen de protección ambiental.
- Incidencia en materia de defensa y seguridad.
- Efectos sobre los cables y las tuberías submarinas.

Posteriormente la Dirección General de Política Energética y Minas procederá a efectuar consultas a las instituciones y Administraciones previsiblemente afectadas. Éstas dispondrán de un plazo de 90 días para enviar los comentarios que estimen oportunos, así como cualquier indicación beneficiosa en relación con potenciales ubicaciones o capacidades.

3. Procedimiento de concurrencia

Una vez hecho público el documento de caracterización del área motivado por una solicitud, la Dirección General de Política y Minas abrirá un procedimiento de concurrencia. Los interesados deberán presentar en ese plazo una cuantía del 1% del presupuesto de la instalación.
Todos los interesados, incluido el promotor que presentó su solicitud en primer lugar, presentarán una solicitud u oferta de prima, que se expresará en €/kWh producido.
En el caso de que exista una sola solicitud o los proyectos solicitados no se solapen, y la potencia o suma de sus potencias no exceda el límite máximo determinado por el operador del sistema, un comité elevará una propuesta favorable de resolución, de tantas zonas como proyectos existan.
El comité de valoración elevará la propuesta de resolución al Secretario General de Energía para su consideración antes de que transcurran tres meses desde la finalización del periodo de recepción de solicitudes, quien dictará resolución antes de que transcurra un mes desde la fecha propuesta. De la resolución se enviará copia a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, para la iniciación de la evaluación de impacto ambiental.

4. **Reserva de la zona**

   La reserva de la zona que se atribuye al solicitante que obtenga resolución favorable en el procedimiento de concurrencia y al que se le hubiera otorgado el correspondiente titulo de ocupación del dominio público marítimo-terrestre, le faculta para llevar a cabo las operaciones de investigación del recurso eólico en la poligonal correspondiente.

5. **Tramitación del procedimiento de autorización**

   Una vez realizados los estudios necesarios para caracterizar el recurso eólico, el promotor deberá presentar una solicitud de autorización de la instalación ante el órgano correspondiente, antes de la finalización de la reserva de zona.
   Entre la documentación a presentar está el proyecto y estudio de impacto ambiental.
   La solicitud se someterá a un único trámite de información pública que se referirá a la autorización de la instalación, al estudio de impacto ambiental y a la concesión del dominio público marítimo-terrestre. La Dirección General de Política Energética y Minas resolverá y notificará la resolución antes de que transcurran 45 días desde la formulación de declaración de impacto ambiental.

Muchas otras leyes de carácter tanto comunitario, como nacional y autonómico aplican en el campo de la energía eólica marina. Se exponen a continuación brevemente las relacionadas con la protección ambiental, que es el eje fundamental de nuestro proyecto:

Normativa a nivel comunitario

- Directivas 92/43/CEE de Hábitat y 79/409/CEE de Aves. Crean la red de zonas de importancia comunitaria denominada Red Natura 2000, con el objetivo de asegurar la Biodiversidad mediante la conservación de hábitat naturales, así como de la fauna y la flora silvestres en la UE. El objetivo principal de Natura 2000 es incorporar a su red los lugares más destacados de Europa en cuanto a biodiversidad se refiere, configurándose así como una red ecológica europea de Zonas Especiales de Conservación (ZEC y ZEPA).

- Directiva 2001/77/CE, sobre la promoción de electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad. Pretende garantizar que la parte total de energía renovable empleada para la generación de electricidad aumente del 14% en 2001 al 21% en 2010.
- Propuesta (23/01/2008) de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Fija un objetivo global del 20% y objetivos nacionales vinculantes para el año 2020.

- Directiva 2008/56/CE por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino (Directiva marco sobre la estrategia marina). Esta Directiva cumple un objetivo doble: proteger y restablecer los mares europeos y garantizar la

viabilidad ecológica de las actividades económicas relacionadas con el medio marino de aquí al año 2021.

- Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva marco del Agua). tiene por objeto establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas.
- Recomendación europea de Gestión Integrada de las Zonas Costeras de 2007 (GIZC). La Comisión Europea ha estado trabajando desde 1996 para identificar y promover medidas destinadas a detener y remediar el deterioro de los recursos medioambientales, socio-económicos y culturales de las zonas costeras, así como a mejorar su situación global.

- Directrices para el establecimiento de la Red Natura 2000 en el medio marino (2007). Establece unos criterios y líneas directrices para la identificación y aprobación de las zonas red natura 2000 en el medio marino.

- Convenio de Berna sobre Vida Silvestre Europea de 1979, del Consejo de Europa, que incluye la lista de especies de flora y fauna estrictamente protegida y de fauna protegida que se debe gestionar, así como sus hábitats.

- Convenio Europeo del Paisaje (2000). Tiene por objeto promover la protección, la gestión y la ordenación de los paisajes europeos y organizar la cooperación europea en ese ámbito.

Normativa a nivel nacional

- RD 1028/2007 por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial.

- Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, por la que se hace compatible una política energética basada en la progresiva liberalización del mercado con la consecución de otros objetivos que también le son propios, como la mejora de la eficiencia energética, la reducción del consumo y la protección del medio ambiente. El régimen especial de generación eléctrica, los programas de gestión de la demanda y, sobre todo, el fomento de las energías renovables mejoran su encaje en nuestro ordenamiento.

- Ley 48/60, de 21 de julio sobre navegación aérea y Decreto 584/72, de 24 febrero de servidumbres aeronáuticas, modificado por Decreto 2490/74, de 9 de agosto y por Real decreto 1541/2003, de 5 de diciembre, sobre navegación aérea. La ubicación de parques eólicos marinos debe considerar las servidumbres aeronáuticas en territorio nacional, por motivos de seguridad en la navegación aérea y para evitar riesgos para la población y el medio ambiente por colisión del tráfico aéreo.

- Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español (1985). Forman parte del Patrimonio Histórico Español los bienes muebles o inmuebles de carácter histórico, susceptibles de ser estudiados con metodología arqueológica, hayan sido o no extraídos y tanto si se encuentran en la superficie o en el subsuelo, en el mar territorial o en la plataforma continental. La elección de emplazamientos debería considerar un reconocimiento previo que permita descartar la existencia de yacimientos inéditos que pudieran verse afectados de una u otra manera.
- Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. Tiene por objeto la determinación, protección, utilización y policía del dominio público marítimo-terrestre y especialmente de la ribera del mar, englobando esta última la zona marítimo-terrestre y las playas. Su artículo 2. c) determina que la actuación administrativa sobre el dominio público marítimo-terrestre perseguirá regular la utilización racional de estos bienes en términos acordes con su naturaleza, sus fines y con el respeto al paisaje, al medio ambiente y al patrimonio histórico.

- Real Decreto 439/1990, por el cual se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas (1990) y las órdenes ministeriales que lo desarrollan, que contiene las especies de flora y fauna incluidas en las categorías de peligro de extinción, sensibles a la alteración de su hábitat, vulnerable y de interés especial.

- Ley 3/2001, de Pesca Marítima del Estado. De acuerdo con el artículo 20 de la citada ley, la instalación de campos de aerogeneradores marinos se debe considerar una actividad susceptible de alterar los recursos pesqueros, y como tal se consideran obras e instalaciones que requieren informes preceptivos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y de las Comunidades Autónomas afectadas en materia de pesca marítima a los efectos de protección y conservación de los recursos marinos vivos.

- Real Decreto 1997/1995, para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Transpone la Directiva 92/43/CEE relativa a la Conservación de los Hábitat Naturales y de la Fauna y Flora silvestres. Considera que Administraciones competentes deben adoptar específicamente, de manera anticipada, cuantas medidas preventivas sean necesarias para impedir la perturbación de hábitats naturales. Las Administraciones competentes pueden excepcionalmente autorizar un proyecto aun siendo reconocido que afectará de manera adversa a algún lugar de la Red Natura 2000. Pero sólo podrá ser llevado a cabo si previamente se demuestra que no hay soluciones alternativas; si existen razones de interés público de primer orden que lo justifiquen, y tomando todas las medidas compensatorias que sean necesarias para que se cumplan los objetivos de conservación de la Red Natura 2000.

- Libro Rojo de las Aves de España (2004). El Libro Rojo de las Aves de España forma parte de una iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente para catalogar, inventariar y hacer el seguimiento de la biodiversidad. Proporciona información exhaustiva para cada especie: criterios de evaluación, distribución, población y tendencia, amenazas, medidas de conservación en marcha y propuestas.

- Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Esta nueva norma deroga y sustituye a la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres. Sus principios inspiradores hacen prevalecer la protección ambiental sobre la ordenación territorial y urbanística, incorporando el principio de precaución en las intervenciones que puedan afectar a espacios naturales y/o especies silvestres, y contribuyendo a impulsar procesos de mejora en la sostenibilidad del desarrollo asociados a espacios naturales protegidos y en la promoción de la utilización ordenada de los recursos para garantizar el aprovechamiento sostenible del patrimonio natural. Asimismo, se constituye como principio básico la integración de los requerimientos de la conservación, uso sostenible, mejora y restauración del patrimonio natural y la biodiversidad en las políticas sectoriales, y la garantía de la información y participación de los ciudadanos en el diseño y ejecución de las políticas públicas.

- Ley de Puertos y Marina Mercante. En el ámbito de la gestión portuaria, constituye el objeto primordial de la Ley el establecimiento del modelo de organización y explotación del sistema portuario de titularidad estatal. En lo que se refieren al régimen de la marina mercante, las líneas directrices que informan el texto son la delimitación de las competencias marítimas del Estado, concretando la definición de conceptos establecidos en la Constitución, Estatutos de Autonomía y en la legislación vigente: Marina mercante, transporte marítimo, flota civil española, empresa naviera, régimen de las navegaciones (interior, de cabotaje, exterior y extranacional), y aguas situadas en las zonas en las que España ejerce soberanía, derechos soberanos o jurisdicción.

Normativa a nivel autonómico

- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, de Patrimonio Histórico de Andalucía.

4. IMPACTOS AMBIENTALES POTENCIALES

A continuación se tratará todos aquellos posibles impactos, tanto positivos como negativos que puede generar la construcción de un parque eólico marino.

Para ello se ha hecho una búsqueda de información a escala global y se ha hecho un compendio de varios estudios que se han realizado en distintos parques.

Para una mejor comprensión se ha hecho una división de todas las posibles afecciones en tres grupos:

Impactos en el medio biótico

Impactos en el medio abiótico

Impactos Socio-económicos

4.1. MEDIO FÍSICO

Dentro del conjunto de variables del medio, las pertenecientes al medio físico constituyen aquella parte del entorno que no poseen una dimensión biológica o social. Son por tanto, la componente inerte, aunque igualmente sensible de los ecosistemas.

Según esto, el medio físico y los consiguientes impactos son:

4.1.1. TIERRA

- **Geología/Geomorfología**

En la fase de construcción, los materiales necesarios se depositan en una estructura, lo cual afectaría a la actividad de un posible puerto cercano. (Anatec, 2005). Seguidamente, la instalación de las cimentaciones de los aerogeneradores, hace que sea necesario remover grandes masas de tierra, aunque será mayor o menor el impacto dependiendo del tipo de cimentación. Los terrenos excavados, a causa de las cimentaciones, dependiendo de su disposición, podrían hacer variar el régimen de oleaje y corrientes, modificando así la morfología local. (Elsam Engineering, 2004)

En la fase de desmantelamiento, se podría ampliar la zona afectada, debido a que es necesario remover el suelo para poder levantar toda la estructura. Esto también depende de la técnica utilizada en la remoción. (I/S Elsam, 2000).

Los materiales de las cimentaciones pueden ser reutilizados para la construcción de carreteras o como adición al hormigón. También el acero de las turbinas puede ser reutilizado. (Middelgrunden, 2001)

Medidas de mitigación:

Las estructuras auxiliares, deberán ser construídas lejos de puertos, para no afectar a su actividad.

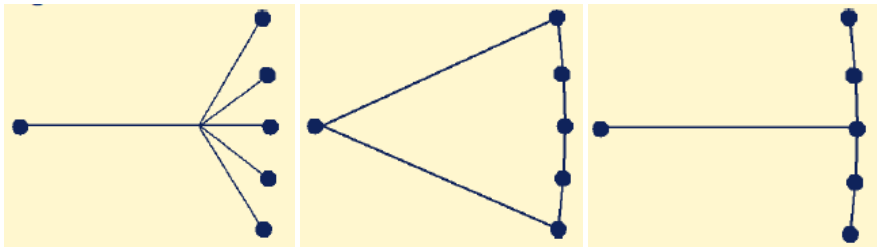
Para no levantar demasiado el sedimento, habría que hacer las operaciones de excavación a la vez que se va retirando el terreno excavado, para afectar lo menos posible a las comunidades de organismos cercanos.

En unos ensayos hechos en el Parque eólico Horns Rev, se vió que la afectación de las cimentaciones al régimen de olas y corrientes, iba a ser mínimo.

Si con el levantamiento de los sedimentos, se destruyera comunidades de flora y fauna circundantes, habría que hacer una medida compensatoria de restablecer esas especies.

Con respecto a la instalación de las cimentaciones y los cables submarinos, se hará previamente un estudio del recorrido, para que haya la mínima afectación al medio marino.

En el proyecto danés Middelgrudens, se estableció varias alternativas de conexión a red: (Ann Vikkelsø, 2003)



a) Conexión en estrella; b)Conexión en anillo; c)Conexión con la central

- Conexión en estrella: cada turbina es directamente relacionada con la planta de energía. Esta opción es muy flexible, pero muy caro. No se ha llevado a la práctica.

- Conexión en anillo: cada turbina está conectada con la de al lado y las turbinas finales, con la central eléctrica. Esta solución es bastante estable, porque si se rompe un cable entre dos turbinas, puede seguir transfiriendo electricidad a la central. Dependiendo donde sea la ruptura del cable, la capacidad será limitada para algunas de las turbinas.

- Conexión con la central: la turbina central es conectada por dos cables a la planta de energía, las demás turbinas están conectadas en serie. Esta opción es la menos flexible, porque si un cable entre dos turbinas se rompe, se quedarán turbinas sin conectarse al cable principal.

- Alteración del fondo marino.

En la fase de instalación, los cables submarinos que conectan los aerogeneradores con el centro de transformación, requieren la excavación del terreno para poder enterrarlos, y así, que haya menor impacto, pero esto ocasionaría un levantamiento de sedimentos en toda la columna de agua y muerte de comunidades bentónicas.

Las plataformas que se utilizan y que se asientan sobre el fondo marino, también son un impacto sobre el medio.

Durante la fase de funcionamiento del parque, se produce un hundimiento de las estructuras en el terreno. Para esto se pone un radio de aproximadamente 10m alrededor de la cimentación, con grava y césped artificial. (Söker, 2000)

Una ventaja de la presencia de los parques eólicos marinos, es que va a delimitar la pesca y el anclaje de barcos en la zona, y por lo tanto, va a disminuir la afección al fondo marino.

- Contaminación del fondo marino

Durante la fase de construcción y desmantelamiento, la contaminación puede producirse por el derrame de combustibles o aceites de las embarcaciones y maquinaria utilizada.

Durante la fase de funcionamiento, la contaminación se puede deber a la presencia de la subestación transformadora (en el caso de que se construya sobre una plataforma en el mar) y a los posibles accidentes generados por las embarcaciones que realizan el mantenimiento.(I/S Elsam ,2000)

Medidas de mitigación:

En cuanto al derrame de combustibles producidos por las embarcaciones, serán recogidos y eliminados de acuerdo a las normas aplicables.

Durante la fase de funcionamiento, los tanques diesel que haya en la subestación transformadora, deberán tener paredes dobles para reducir cualquier riesgo de fugas. El aceite que se utiliza en las turbinas y en la subestación, tendrán que tener un sistema de recogida de algún posible derrame de aceite.

Los cables submarinos deben ir atrincherados, para evitar posibles daños debidos a derrames de petróleo al mar.(I/S Elsam ,2000)

4.1.2. AIRE

- **Ruido aéreo**

Durante la fase de construcción y desmantelamiento, el impacto será de carácter temporal.

Durante la fase de funcionamiento, habrá ruidos procedentes de la rotación de las palas y de los mecanismos internos de la torre y la góndola, provocando vibraciones en el medio marino y aéreo. En el medio aéreo repercutirá sobre las aves y la población, lo cual será tratado en los impactos bióticos y socioeconómicos. Este último, disminuirá con la distancia a costa. (Airicole, 2003)

El ruido producido durante el funcionamiento del parque, puede verse incrementado sino se mantiene en buen estado los aerogeneradores, que del uso normal se irán desgastando y creando más ruido. La velocidad del viento también afectará a la velocidad del sonido.

En un estudio sobre un parque eólico se ha visto que el ruido que hacen las turbinas de los aerogeneradores es más bajo que el que puedan hacer los barcos de pasajeros. (Airicole, 2003)

Medidas de mitigación:

Serán las mismas medidas que tomemos para disminuir las vibraciones en los aerogeneradores y la afectación al medio marino.

- **Calidad del aire.**

Durante la fase de construcción, se producirán ciertas emisiones de la maquinaria utilizada de forma temporal.

Durante el funcionamiento de los aerogeneradores no hay emisiones a la atmósfera, por lo tanto, la energía eólica supone un ahorro en las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otras formas tradicionales de generación de energía eléctrica y sería, por tanto, un impacto positivo sobre la calidad del aire.

Medidas de mitigación:

Las emisiones producidas por la maquinaria durante la fase de construcción, se verán compensadas por la fase de funcionamiento del parque.

- **Contaminación lumínica.**

Esta contaminación es generada por las balizas luminosas, colocadas en la parte superior de los aerogeneradores como medios de señalización para evitar la colisión con embarcaciones y aviones. El impacto dependerá del número de aerogeneradores y la distancia a costa.

4.1.3. AGUA

- **Ruido y vibraciones submarinas:**

En la fase de funcionamiento, el sonido bajo el agua se genera por las vibraciones de la torre, debido a su vez a la caja de cambios y el generador. Las torres al tener una gran superficie de contacto con el agua, van a transmitir el sonido con gran eficacia. La torre también va a transmitir vibraciones al fondo del mar, pero éstas se consideran irrelevantes. En el aire las aspas, aunque estén sobre la superficie del agua, no van a afectar al nivel de sonido bajo el agua. (Airicole, 2003)

Medidas de mitigación:

Para disminuir las vibraciones de la torre, y así también disminuir el ruido aéreo, se podría utilizar unos aisladores rígidos en los engranajes de la caja de cambios. Una segunda medida sería la de aislar la superficie de la torre con el agua, para no transmitir las vibraciones. Esto se haría introduciendo una capa de aire entre ambas, a través de la adición de una capa de espuma o de una capa que envolviera toda la torre. (Airicole, 2003)

- **Impacto generado por el campo eléctrico producido alrededor de la línea eléctrica submarina.**

El cableado eléctrico generará un campo eléctrico y magnético alrededor, lo cual afectará a los mamíferos marinos que utilizan el campo magnético terrestre para desplazarse. También, pueden provocar errores en los instrumentos de navegación de las embarcaciones.

Medidas de mitigación:

Existe la posibilidad de uso de conductores bipolares HVDCT, los cuales hacen que se minimicen los campos electromagnéticos producidos y el riesgo de vertido de $MgCO_3$. (Söker, 2000)

- **Hidrografía. Alteración de corrientes marinas.**

Es necesario realizar una modelización de las corrientes marinas para estudiar la implicación del parque sobre ellas.

También habrá que tener en cuenta la influencia de la maquinaria, estructuras y embarcaciones necesarias para la construcción y desmantelamiento, así como para las labores de mantenimiento durante la fase de funcionamiento del parque.

El cambio en las corrientes es producido por la aparición de erosiones no previstas, transporte de sedimentos u otras sustancias hacia aéreas no deseadas y la presencia de los aerogeneradores, los cuales son un obstáculo que hace disminuir la energía de las olas.

Aunque no haya modificaciones en las corrientes, es igualmente necesario el estudio de éstas para evitar en las cimentaciones, erosiones que las desgasten.

Los análisis de las condiciones hidrodinámicas en Horns Rev, revelaron que los cambios en los sedimentos y los movimientos alrededor de las cimentaciones serán muy limitados. Los cálculos del modelo demostraron que la velocidad de la corriente se reduce en un 2% antes y después del establecimiento del parque eólico. (Karen Edelvang, 1999)

En el parque eólico Nysted, los cambios en el caudal serán inferiores al 15% en una distancia de 5m del borde de la cimentación, y la altura de las olas detrás de las turbinas se reducirá en un máximo del 4%. Las tasas de flujo dentro del parque, van a cambiar por un

máximo de 4,3%. Esto nos hace concluir que el parque no tendrá ningún impacto significativo sobre el viento, las olas, corrientes y el intercambio de agua en la zona del proyecto. (I/S Elsam ,2000)

- **Alteración de la calidad del agua.**
    - Alteración debido a la excavación para cimentaciones y líneas eléctricas.

La calidad del agua se verá afectada por la excavación realizada en el lecho marino para enterrar las líneas de evacuación, lo cual provocará una nube de sedimentos. Lo mismo en la fase de desmantelamiento. Esta nube de sedimentos afectará sobretodo a las comunidades bentónicas. En cualquier caso, será un impacto temporal, que finalizará al acabar la construcción y el desmantelamiento. (Andersen, 2000)

En otros casos, durante la fase de funcionamiento del parque, la presencia de los aerogeneradores da lugar a algún tipo de modificación en las corrientes que provocan la erosión de las cimentaciones y la formación de sedimentos, lo cual modifica la calidad del agua. Aunque la cantidad de sedimentos es mucho menor en este caso, el efecto es más duradero en el tiempo, con lo cual tendrá que ser tenido en cuenta.

Medidas de mitigación:

En cuanto al levantamiento del sedimento, intentar excavar lo menos posible el terreno que no sea necesario y utilizar maquinaria que evite mucho levantamiento de sedimentos.

Los sedimentos que se van generando de la erosión del mar con los aerogeneradores, irlos retirando durante las labores de mantenimiento del parque.

Usar también, dentro de lo posible, un tipo de cimentación que no requiera tanto levantamiento de sedimentos, por ejemplo las de tipo gravitacional suponen una mayor producción de sedimentos que las de tipo monopilote.

- Alteración debido a vertidos procedentes de las embarcaciones, turbinas, subestación transformadora, etc.

Pueden producirse accidentes de vertidos al agua durante la construcción, funcionamiento o desmantelamiento, que afecten a la calidad del agua, procedentes de las embarcaciones utilizadas para estas operaciones o de las infraestructuras asociadas al parque. Lo que más impacto tendría serían los vertidos de embarcaciones, sobre todo las que transportaran sustancias contaminantes. El efecto sería la contaminación del medio marino en el entorno donde se produce el vertido, así como a lo largo del medio por donde se desplace. Esto tendría un impacto sobre la fauna y la flora marina, pudiendo también afectar a la costa y sobre los aspectos socioeconómicos como la pesca, turismo, etc. Las sustancias que pueden ser vertidas son: aceites de las turbinas, de la estación transformadora (si está en el mar), carburantes y otras sustancias procedentes de las embarcaciones.

Medidas de mitigación:

Para evitar el derrame de vertidos, se examinará la maquinaria utilizada para las labores de construcción, mantenimiento y desmantelamiento del parque. El lavado de la maquinaria o cualquier reposición de aceites de la maquinaria, se hará en un lugar donde no contamine el agua.

- Alteración debido al desprendimiento de cobre de los aerogeneradores durante su funcionamiento.(Andersen, 2000)

Durante la fase de funcionamiento de los aerogeneradores, se desprende polvo de cobre y carbón, procedente de la abrasión de los anillos de los aerogeneradores. Se estima un total de 206 Kg de cobre/año liberados al mar. El impacto dependerá de la zona, por ejemplo en el parque Horns Rev, el impacto era bajo debido a que ya había una concentración de cobre en el agua. Aún así, el impacto será local, con una concentración en fase acuosa de 1mg/l.
El plancton es sensible al cobre, dependiendo de las especies, afectará más o menos. Esto será tratado en la parte biótica, tanto en flora como en fauna.

Medidas de mitigación:
Si está considerado como sustancia peligrosa, habrá que utilizar, dentro del mercado, la mejor técnica disponible, de forma que sea técnicamente y económicamente viable para la empresa.

4.2. MEDIO BIÓTICO

La evolución de los últimos años en los usos del mar, ha motivado que en España el Ordenamiento jurídico haya añadido una nueva función a los Poderes Públicos de conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica del medio marino, ante las amenazas de escala local, regional y global que pesan sobre la misma, que afecta tanto a las Comunidades Autónomas costeras, y a España como parte de las comunidades políticas supranacional e internacional.

La diversidad biológica de las aguas costeras españolas es de las mayores de la Unión Europea, a causa de los factores oceanográficos y biogeográficos que en ellas se presentan. Según el sistema de clasificación global del ambiente marino costero, se ha determinado la existencia de 49 grandes ecosistemas marinos, de los que tres incluyen a las aguas españolas: Costas Ibéricas, Mediterráneo y Corriente de Canarias. Desde el punto de vista biogeográfico, las diferencias entre las regiones atlánticas y mediterráneas son notables (Estrategia Española de Biodiversidad). (EEAL, 2011)

A continuación analizaremos las posibles repercusiones que podría tener, de forma general, la implantación de un parque eólico marino, basándonos en las experiencias y resultados de algunos parques marinos eólicos ya existentes o en proceso, como pueden ser el Proyecto Beatrice, en el Reino Unido, y Nysted y Horns Rev en Dinamarca. En el medio biológico los principales impactos son los siguientes:

- Impactos en aves
- Impactos en el bentos
- Impactos en los peces
- Impactos en los mamíferos marinos
- Impactos en la flora

4.2.1. AVES

Una de las principales preocupaciones que rodean a los parques eólicos offshore es el riesgo de colisión con los aerogeneradores, que pueden derivar en altas tasas de mortalidad de aves. La mayoría de las aves en riesgo serán aves marinas, y en algunos casos paseriformes en migración. (Snyder et Al, 2009)

Aunque hay mucha literatura sobre los efectos potenciales que los parques eólicos marinos tienen en las aves, los consecuentes de la construcción y funcionamiento son comunes e incluyen:

3.1.1.1. Constituyen una barrera al movimiento de las aves

3.1.1.2. Las desplazan de sus áreas habituales

3.1.1.3. Tienen efectos adversos en las áreas y fuentes de alimentación

3.1.1.4 Presentan riesgos de colisión

- EFECTO BARRERA

Hay indicios de que las turbinas pueden actuar como barreras al movimiento (Birdlife International, 2003; Percival, 2001; OSPAR 2003), puesto que las aves prefieren volar rodeando las turbinas que atravesarlas, incluso cuando el número total de turbinas es bajo, entre 20 o 30. Varios estudios demuestran que algunas especies alteran sus rutas de vuelo para evitar atravesar las turbinas , lo cual supone que las aves pierdan grandes cantidades de energía volando alrededor de ellas, especialmente desde que los parques eólicos ocupan grandes extensiones. Este hecho puede ser de particular importancia si el parque está localizado entre lugares de cría y de alimentación, y dependerá de la especie en cuestión, la condición física y la magnitud del desplazamiento que cause el parque eólico. (Desholm M et Al, 2005)

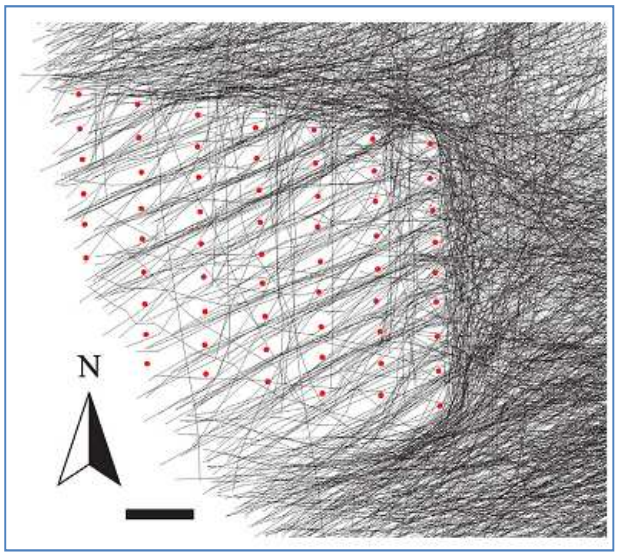


Figura 13: Trayectorias de vuelo en la fase inicial de Operación del Parque eólico marino Nysted.

Para evaluar como las distintas especies de aves modifican su comportamiento de cara a la construcción de un nuevo parque se
requieren estudios sobre cambios en
la dirección, altura y velocidad. Necesita técnicas que puedan definir los movimientos de las aves en un espacio tridimensional para comparar los comportamientos antes y después de la construcción. Se requerirían igualmente técnicas de control remoto, navegación radar y técnicas de video infrarrojas. (Fox T et Al, 2007)

- DESPLAZAMIENTO Y PERTURBACIONES

Las aves son muy sensibles a las perturbaciones durante todas las fases (construcción, operación y desmantelamiento) del parque marino. Las aves se irán de las áreas de influencia de los molinos para evitar la fuente de perturbación y consecuentemente serán excluidas del emplazamiento durante la duración de la perturbación. La magnitud del impacto dependerá de:

- Disponibilidad de emplazamientos alternativos, así como de otras áreas de alimentación
- Escala de la perturbación, incluyendo la distancia desde la que las aves reaccionan a la perturbación
- Frecuencia y duración de la perturbación
- Sensibilidad de las especies a la perturbación
- Grado en el que las especies se habitúan a la perturbación.

El radio en el que las aves evitan las turbinas ha sido estimado aproximadamente desde 100 metros a 1500 metros, en una media entre 400 m y 800m (Percival, 2001, Guillemette et al.998, Painter et al. 1999) (Beatrice, 2005). La siguiente gráfica representa la variabilidad en la frecuencia de vuelo de día, noche y conforme aumenta la distancia a las turbinas. Vemos que a corta distancia del aerogenerador más cercano no hay mucha actividad y que ocurre mayoritariamente en periodo diurno. Conforme aumentamos la distancia la tasa de vuelo día/noche va igualándose hasta llegar al 100% de actividad a aproximadamente 200 metros del aerogenerador.

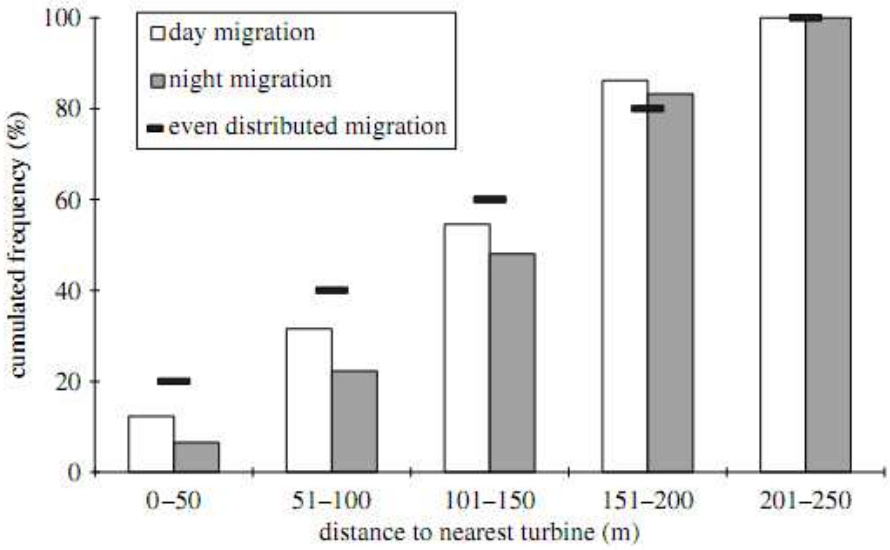


Figura 14: Variabilidad en la frecuencia de vuelo, según la distancia a las turbinas. (Deslhom, M et Al ,2005)

- PÉRDIDA O CAMBIOS EN LAS ZONAS DE ALIMENTACIÓN

La disponibilidad de alimento puede permanecer intacta tras las post construcción, pero si las aves son reticentes a aproximarse a las turbinas, la zona será perdida cómo área potencial de alimentación. Será por tanto necesario analizar la superficie de descanso y alimentación antes y después de la construcción para ver el impacto causado, utilizando para ello métodos de reconocimiento aéreo para construir mapas de densidad de aves.
En los casos de Horns Rev y Nysted, los censos aéreos en ambos sitios mostraron que la mayoría de las especies aviares no eran lo suficientemente numerosas para mostrar una variación en las estadísticas si comparamos la pre-construcción y la post-construcción.
Tan solo fue significativa entre el género *Gavia sp*. en Horns Rev (mostró un comportamiento de clara evitación de las turbinas) y el pato de cola larga *Clangula Hyamelis,* que redujo significativamente su presencia alrededor de las turbinas en Nysted. Otras especies como *Scoter Melanitta* mostraban mucha reticencia a volar entre

las turbinas los primeros tres años del estudio después de la construcción, aunque recientemente ha mostrado una tendencia creciente a hacerlo.
Algunas especies de aves marinas y patos pueden ser atraídos hacia las turbinas debido al asentamiento en las turbinas de distintos mariscos. El incremento de peces alrededor de éstas puede atraer diversos tipos de alcas, gaviotas o golondrinas de mar.

Los cambios en el hábitat incluyen la pérdida del fondo marina cubierto por las turbinas, y la creación de nuevo sustrato marino, en las zonas sumergidas de los aerogeneradores, en el cual se asentarán organismos marinos. (Fox T et Al, 2007)

- COLISIÓN CON AEROGENERADORES. EVALUACIÓN DEL RIESGO.

Los parques eólicos marinos afectan a las aves principalmente por la colisión de éstas con las turbinas o con las líneas de energía asociadas. Los efectos son muy específicos en estas zonas, pero apenas están estudiados. Aunque los niveles de mortandad por colisión registrados son muy bajos, algunos parques eólicos situados en zonas conflictivas tienen una alta tasa de mortalidad.

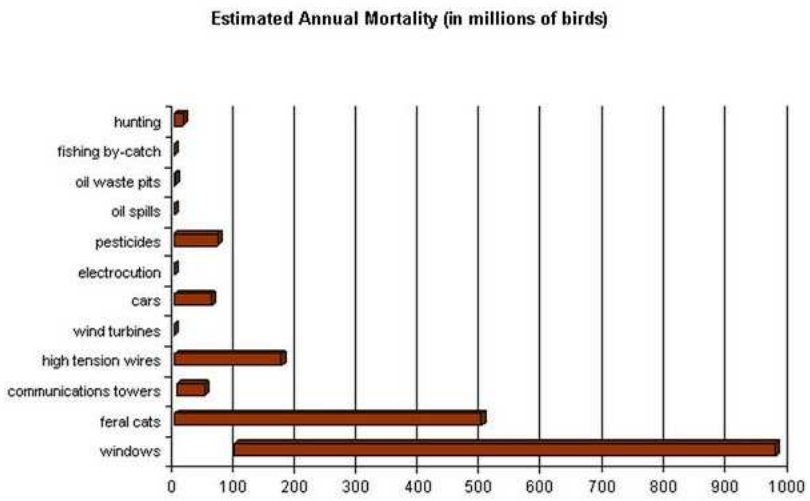


Figura 15: Estimación de la mortalidad anual (en millones de aves)

Son varios los movimientos de las aves que pueden terminar en colisión:

- Movimientos migratorios entre zonas de alimentación después de la época invernal
- Vuelos diarios entre lugares de descanso y de alimentación
- Vuelos realizados para evitar zonas de perturbación humana
- Vuelos a través de las turbinas
- Vuelos de alimentación.

El riesgo, sin embargo, depende de varios factores como la especie, tamaño de la bandada, comportamiento en el vuelo (velocidad, dirección altitud), migraciones y rutas, condiciones meteorológicas, poblaciones cercanas al parque eólico, zonas de alimentación y variabilidad estacional en la capacidad de vuelo (que afecta por ejemplo a la muda).

En el proyecto Beatrice, en Escocia, se considera un riesgo de colisión significativo cuando las especies presentan una mortalidad superior al 1% de la tasa de mortalidad natural de esa especie.

- METODO USADO PARA CALCULAR EL RIESGO DE COLISIÓN

  Los efectos de las colisiones pueden determinarse:

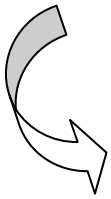
  - **Calculando la probabilidad de que un ave sea golpeado al atravesar las turbinas**, suponiendo que no adopta ninguna medida de evitación. Entonces, la probabilidad de colisión dependerá del diámetro (para aspas de diámetro grande, la altura de vuelo dentro de la zona barrida por las aspas es importante porque el ave que vuele cerca del centro de la turbina tendrá más posibilidades de choque que los que vuelen cerca de las puntas de las aspas) y velocidad de rotación de las aspas; y de la longitud, envergadura y velocidad de las especie en cuestión.

  - **Multiplicamos este valor por el número de "tránsitos de aves**" que son hechos por cada especie al año.
    Se usa la densidad de cada especie. Se considera como tránsito una vez que el ave ha traspasado el rectángulo que contiene las turbinas.

    Vistos desde arriba, la turbina ocupa un rectángulo de superficie marina con un área de A = 2RT, donde R en el radio del aspa y T el grosor de la turbina.

    Si d es la densidad de aves ocupando la turbina, entonces el numero de aves en la turbina es de n = Ad.

    Cada ave se toma un tiempo t = T/v para atravesar la turbina, donde v es la velocidad del pájaro.

    La tasa o ratio al cual las aves entran en la turbina

    $$r = 2Rvd$$

  - Aplicamos un "factor de evitación" para tener en cuenta que una gran cantidad de aves, una vez dentro del parque eólico, llevarían a cabo alguna acción para evitar ser golpeada por las aspas. (Se considera un 95% como factor de evitación para todas las especies)

  La estimación resultante es después comparada con la tasa natural de mortalidad para evaluar la importancia de la mortalidad asociada con el parque eólico.

- MAPA DE SENSIBILIDAD EN AVES, COMO AYUDA AL PLANEAMIENTO Y CONSERVACIÓN

  Una localización cuidadosa de los parques eólicos marinos es la clave para minimizar los efectos negativos en las aves. La elaboración de esta clase de mapas, basadas en la distribución de las especies de aves con alta sensibilidad,

incluyendo las zonas ZEPA, conforman una indicación de donde es más probable que el parque entre en conflicto con éstas.

Aunque la información con la que contamos está basada en un parque eólico onshore, es perfectamente extrapolable al mar, si bien nos encontraremos con una mayor ausencia de datos.

1. Lista de especies

   Además de las especies, se incluyen en el mapa las **Áreas de Protección Especial**, por entrar dentro de la Directiva de Aves. De este modo, podemos descartar rápidamente estas zonas con solo mirar el mapa.
   También se incluyen en esta lista las **especies** que aparecen en el **anexo I** de la Directiva, especies que son, o pueden ser **muy sensibles**, a los cambios de viento o especies que por su elevada fragilidad o escasa distribución con potencialmente vulnerables.

2. Fuente de datos
   Es en este punto donde podemos encontrarnos más problemas, pues ahora procederíamos a analizar las zonas de distribución de las especies listadas en el punto anterior, intentando que sea lo más completa posible. Debemos incluir la resolución espacial de los datos encontrados, un buffer (Zona alrededor del área de distribución para el cual una especie sería sensible) y otorgarle una sensibilidad (baja, media o alta)

3. Creación del mapa
   Hay varios tipos de software disponibles, en este caso se ha usado MapInfo Professional versión 6.0. Se trata de superponer las zonas de distribución de las distintas especies, incluidos los buffers y las zonas de especial protección y de alimentación. De esta manera obtendríamos un mapa por cada especie, pero combinándolos tendríamos un *mapa de sensibilidad*.(Bright J et Al, 2008).

4.2.2. BENTOS

- **Introducción**

El mayor impacto en la fauna bentónica se da durante la fase de construcción y desmantelamiento. La turbidez generada en esta fase puede afectar temporalmente a los productores primarios, lo cual representa una pérdida para los peces como fuente de alimentación. Una vez, que la instalación del parque se ha realizado, éste sería rápidamente colonizado de nuevo por comunidades bentónicas. (Soding H et Al, 1999)

Los impactos más usuales son los siguientes:

- Pérdida de hábitats e individuos debido a las actividades de construcción. Sin embargo, las perturbaciones de los sedimentos durante de esta fase son solo temporales.
- El cambio en las corrientes alrededor de la turbina, puede mover los sedimentos de inmediatamente alrededor, así como los cables. Las radiaciones electromagnéticas y el ruido pueden alterar la vida en el fondo marino.
- Las bases actúan como arrecifes naturales, sin embargo, este duro sustrato artificial puede causar cambios en el biotopo con consecuencias desconocidas sobre el bentos y posteriormente sobre la cadena alimentaria.
- La ausencia de pesca y transporte marítimo (excepto para los buques de mantenimiento) tendrá un efecto positivo sobre la fauna local y los fondos marinos (offshorewindenergy.org, 2011)

El fondo marino de la zona de estudio (Mar del Norte y Mar Báltico) está compuesto por sedimentos blandos que van desde arenas de grano medio a cieno. Las estructuras bajo el agua no solo proporcionan espacio vacío para la epifauna, sino que alteran el hábitat natural que las rodea, cambiando las corrientes locales.

La plataforma de búsqueda FINO 1 se usó en el proyecto beoFINO para estudiar los procesos biológicos alrededor de la estructura bajo el agua que conduce a alteraciones en la fauna del fondo.

Poco después de la instalación, la superficie fue colonizada por unas pocas especies, pero que alcanzaban una gran biomasa. El mejillón atlántico dominaba en la zona de profundidad superior, mientras que en zonas más superficiales, predominaban anfípodos y antozoos.

Figura 16: Plataforma FINO 1

- **El bentos en las proximidades de las turbinas**

La fauna bentónica, también llamada bentos, es relativamente extraña para los humanos por que permanece escondida una gran parte de su existencia. Sólo las especies más comerciales como peces y cangrejos son apreciadas. Aparte de éstas, una gran biodiversidad vive en el fondo de los océanos, y tienen un papel muy importante en la cadena alimentaria, no solo para los peces, también indirectamente para aves y mamíferos marinos.

Pero no todo el bentos es visible en la superficie. La principal parte de estos organismos viven escondidos bajo ella. Los mayores de 1mm se llaman macrozoobentos. Desde cientos hasta decenas de miles pueden encontrarse bajo cada parcela de un metro de fondo marino.

En poco tiempo tras la instalación de las infraestructuras en el fondo, se desarrolla una depresión en la que se produce una erosión de los sedimentos superficiales causadas por el cambio de corriente alrededor de la estructura. Ésta depresión puede alcanzar una profundidad de varios metros y una extensión de decenas de metros dependiendo de la velocidad del flujo, la dimensión y la forma de la estructura, y el tipo de sedimentos. Los sedimentos arrastrados son principalmente los más finos, quedando expuestos los más profundos. Dependiendo de las condiciones que se den en el momento, una acumulación de sedimentos finos y materia orgánica puede dar lugar a problemas en el suministro de oxigeno en y por encima del fondo.

La fauna epibéntica coloniza rápidamente el sustrato artificial, alcanzando mucha biomasa en poco tiempo, incluso con especies que normalmente no colonizan de forma natural el fondo marino. A las pocas semanas de la construcción los hidrozoos cubren completamente la superficie, y en los meses siguientes son desplazados por poblaciones de estrellas de mar, mejillones, anémonas y anfípodos. Los excrementos y algunos organismos individuales se hunden hasta el fondo convirtiéndose en comida para predadores. Tales estructuras resultan también atractivas para los peces, que buscan protección y comida. La acumulación de estos peces junto con los predadores invertebrados alrededor de la plataforma aumenta la presión sobre la fauna del fondo.

Figura 17: Colonización en FINO 1.Cubierta inicial de hidrozoos, anfípodos y anémonas.

Figura 18: Colonización en FINO 1. Mejillones, estrellas de mar y anfípodos.

Conforme aumentamos la profundidad, la cantidad de mejillones decrece y aparecen estrellas de mar, anfípodos y anémonas más frecuentemente. Los últimos tres metros antes del fondo están colonizados mínimamente debido a que el elevado transporte de sedimentos en el agua provocan condiciones de vida inaceptables para muchas especies.

Tras un año, se alcanza una biomasa de entre 2-4 kg /m^2 , que se resume en 3,6 toneladas en la superficie de la plataforma. La colonización de los mejillones en los primeros tres metros contribuyen a alrededor de 60 kg/m^2 en el siguiente año.

Hasta ahora no ha sido posible concretar estimaciones acerca de la extensión espacial de estos procesos en los parques eólicos marinos programados, y que hasta qué punto cambiarán la diversidad y la cadena alimentaria. (Schroeder et Al. 2006)

- **Magnitud de los efectos**

- **Sensibilidad de la zona**: Las características de los fondos marinos tanto de FINO 1 como de Horns Rev, Nysted y Beatrice eran relativamente uniformes, sin especies amenazadas o hábitats vulnerables, y las comunidades bentónicas existentes eran las típicas que se dan normalmente en sedimentos arenosos.

Las concentraciones de metales e hidrocarburos en los sedimentos son bajas. Es un punto muy importante a tener en cuenta ya que una remoción en fondos contaminados podría extender la contaminación.

- **Extensión de fondo cubierta:** La base de cada aerogenerador incluye un área de fondo de aproximadamente 900 m^2 , aunque el área realmente cubierta por la base y las estructuras de apoyo sugieren que son mucho menores. Los colchones protectores colocados alrededor de los extremos de los cables, a lo largo de las tuberías, cubrirían un área adicional de aproximadamente 886m^2.
  En total, se estima que el área de fondo marino físicamente cubierta por dos turbinas es de 2686 m^2 .

Componentes	Área cubierta (m^2)
Área de fondo marino ocupado por dos aerogeneradores (2 x 900m^2)	1800
Cantidad cubierta por cables	184
Colchones protectores en Beatrice AP a aerogenerador 1	486
Colchones protectores en aerogenerador 1	144
Colchones protectores en aerogenerador 2	72
Área total ocupada	2686

Figura 19: Área de fono marino ocupada por dos turbinas.

- **Perturbaciones al fondo marino:** Las líneas eléctricas submarinas que unen los aerogeneradores, y éstos con la central, serían instaladas usando un chorro de agua a alta presión para fluidizar los sedimentos. Un ejemplo sería el equipo que aparece en la imagen. Aunque éste sea usado con mucha precisión, pequeñas cantidades de grano fino serán inevitablemente suspendidos, y se reasentarán asfixiando comunidades betónicas alejadas de las líneas eléctricas.
  Se estima que el enterramiento de dos líneas eléctricas perturbarían un área de aproximadamente 10500 m^2 de suelo marino.

Figura 20: Equipo que fluidiza el lecho marino para enterrar los cables.

4.2.3. PECES

- **Introducción**

Los parques eólicos pueden influenciar a las comunidades de peces durante todas las etapas de existencia del parque. En relación a los parques de Horns Rev y Nysted, se realizaron investigaciones para evaluar los posibles efectos que causarían en estas comunidades. Los principales efectos asociados durante la construcción sólo tienen lugar durante cortos espacios de tiempo y no se derivan efectos a largo plazo.

Sin embargo, dos elementos sí que tienen efectos a largo plazo: el establecimiento de las turbinas, que crean nuevo sustrato (hábitat), y la transmisión de electricidad hacia tierra, que genera un débil campo electromagnético a lo largo del cable que puede ser captado por algunas especies de peces, ya explicado en el punto anterior.

- **Incremento en la diversidad de hábitats**

Los peces reflejan los hábitats en los que viven, y de igual manera, un cambio de hábitat se reflejará en los peces. En las zonas donde el fondo marino esté compuesto de arenas blandas se produce una pérdida de hábitats naturales por la introducción de las turbinas, a la vez que se funden las rocas y piedras que sirven de protección. Es el caso de Nysted y Horns Rev.

Una vez asentada la turbina , las especies de peces residentes en el lugar serán atraídas por las turbinas, puesto que ofrecen cobijo contra predadores y corrientes de agua fuertes. Además de esto, algunos peces pueden visitar las plataformas para alimentarse, mientras otros usan las plataformas para desovar y como áreas para alevines. Además, las plataformas pueden funcionar como santuarios para algunas especies debido a las restricciones a la pesca dentro de los parques eólicos.

Las turbinas se construyen en un corto periodo de tiempo, por lo que la colonización empieza también poco tiempo después de la construcción. Sin embargo, el desarrollo pleno de la comunidad de la plataforma por lo general toma varios años ya que no todas las especies colonizan de forma simultánea. Una colonización completa del nuevo hábitat llevará algunos años.

- **Cambios en las corrientes marinas y sedimentos**

La introducción de estructuras artificiales cambian la dirección y la fuerza de las corrientes marinas, y estos cambios pueden modificar la composición de los sedimentos moviendo la arena y la arcilla a nuevas zonas. Esto puede tener un gran impacto en especies como la platija, que se entierra a sí misma y requiere de unas condiciones de sedimentos muy específicas.

- **Métodos : Cómo conocer la abundancia y la distribución**

Las especies y el tamaño alrededor de Nysted y Horns Rev fue investigada mediante la pesca con equipo convencional (redes de malla y arrastre).

La distribución espacial y temporal fue monitorizada usando un equipo hidroacústico (tipo de sonar para estimar la biomasa, en función del reflejo sonoro devuelto por ésta) avanzado, con el objetivo de detectar los efectos producidos por las turbinas. El experimento se llevó a cabo en dos transeptos en la zona de estudio de este a oeste y de norte a sur para detectar

posibles gradientes en la cantidad de peces, así como fuera del parque, vara detectar las diferencias entre dentro y fuera de éste. Se hizo tanto de día como de noche.

- **Campos electromagnéticos**

Algunas especies de peces y cetáceos usan los campos eléctricos y magnéticos para nadar y localizar presas, pero son generados igualmente por el movimiento de la carga eléctrica en las turbinas. Los campos eléctricos son proporcionales al voltaje en un cable, y los campos magnéticos son proporcionales a la corriente. El movimiento de un organismo, o incluso del agua del mar, a través de un campo magnético genera un campo eléctrico conocido como campo eléctrico inducido o campo electromagnético.

Los campos eléctricos se producen alrededor de cables eléctricos que no están perfectamente blindados. Sin embargo, aunque los cables estén perfectamente blindados y los campos eléctricos generados directamente por el movimiento de carga sean contenidos en el cable, los campos electromagnéticos aun existirán debido al efecto de los campos magnéticos generados por la corriente en el conductor. Es por tanto importante considerar ambos efectos en el ambiente alrededor del cable.

En un cable estándar conduciendo 132kV y con una corriente de 350A, el campo magnético producido seria de 1,6 μT (micro Tesla), y se presentaría solo adyacente al cable, y aunque sería solo una adicción a la natural del campo geomagnético de la tierra, se ha demostrado que el campo magnético asociado al cable caería a niveles de fondo en 20m de cable.

Igualmente en un cable enterrado un metro bajo tierra, el campo electromagnético en el fondo seria de aproximadamente 91 μV/m. aunque el campo magnético no esté afectado por el hecho de que el cable esté enterrado, el campo electromagnético se disipó más rápidamente en los sedimentos que en el agua. En una distancia de 8m de cable el campo electromagnético en los sedimentos era de solo 1 0 2 μV/m, mientras que en el agua era de 10 μV/m.

Hay muy poca información relativa a los efectos entre las especies marinas y los campos electromagnéticos. Tenemos que recurrir a estudios de los efectos de campos eléctricos y magnéticos de otros tipos de actividades para obtener una información más o menos probable.

Los cables eléctricos pueden influenciar el comportamiento y migración de los peces en las áreas atravesadas por los cables. En casos extremos el cable podría actuar como barrera a la migración, especialmente para las especies que se valen del campo magnético terrestre para la navegación y la orientación.

Existen algunas especies muy sensibles, como pueden ser los elasmobranquios (tiburones y rayas), al poseer electro receptores, y cuatro especies de peces óseos (anguila europea, bacalao, platija y salmón atlántico) se han mostrado eléctricamente receptivas, pero muy pocas especies se han estudiado con detalle. Para la pintarroja, un campo eléctrico de 1000 μV/m provoca una respuesta de evitación o alejamiento, mientras que un campo magnético de 10 μV/m provoca una respuesta de atracción. Igualmente se ha demostrado que las

anguilas de agua dulce mostraron una preferencia a viajar en diferente dirección cuando había un campo magnético presente.

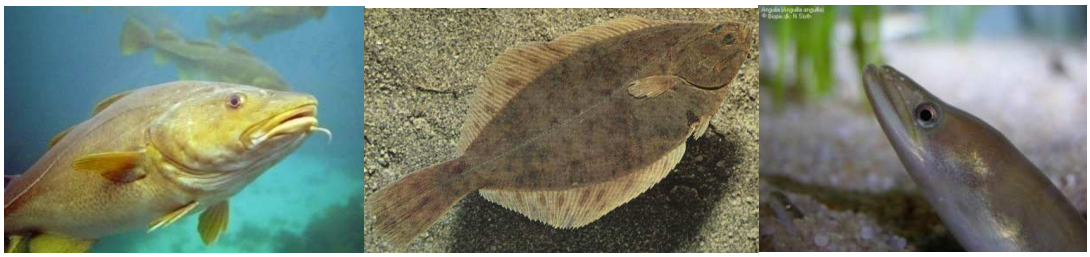


Figura 21: El bacalao, la platija o la anguila son algunas de las especies afectadas por la presencia de campos electromagnéticos.

Un estudio sobre la orientación de la platija en la parte sur del Mar del Norte mostró que las platijas se orientaban en ausencia de pistas visuales y táctiles, así que su mecanismo de orientación podría verse tener que ver con el campo geomagnético terrestre.

Otra especie de especial valor comercial y ecológico, como el salmón atlántico, es capaz de detectar campos magnéticos artificiales o de magnitud similar a las del campo geomagnético terrestre. Sin embargo, otros estudios sugieren que los movimientos verticales y horizontales de migración del salmón chum en un campo magnético artificial no era diferente a su movimiento normal, en ausencia de estos.

- **Conclusión**

A grandes rasgos, los estudios demostraron que pocos efectos en la fauna marina pueden ser atribuidos a la construcción y operación de los parques eólicos marinos.

El uso de avanzadas técnicas no documentaron ningún efecto claro en las comunidades de peces. Su abundancia y diversidad no eran mayores dentro de los parques que fuera de ellos. Una posible explicación es que el duro sustrato en Horns Rev era aún joven y biológicamente inmaduro en el momento de la investigación. (Danish energy authority, 2006)

4.2.4 MAMÍFEROS MARINOS

Los mamíferos marinos pueden ser afectados de varias maneras. Durante la fase de construcción, el ruido y las vibraciones del montaje y otros trabajos excluyen a estos animales a mucha distancia. La energía emitida es lo bastante alta como para perjudicar la capacidad auditiva de marsopas y focas en el área circundante. Durante la fase de operación, el sonido y la vibración son aún emitidos al agua y dificultan la comunicación y modifican el comportamiento de los animales (European environment agency, 2009).

En general, estos animales usan el sonido bajo el agua para funciones como la comunicación, localización y caracterización de las presas, orientación y evitación de predadores.

Las posibles fuentes de ruido bajo el agua serían:

- Ruido generado por buques durante la construcción, instalación y mantenimiento

- Ruido generado para fijar la turbina al suelo : Aproximadamente lleva algo menos de dos horas cada 1,8 m de pila, unas dos por día
- Ruido generado por el anclaje y enterramiento de los cables
- Ruido generado por la actividad de las turbinas, ya en uso.

Con la disminución de la distancia a una fuente de sonido, la percepción del animal a otras señales acústicas pueden ser enmascaradas, y de cerca, estas emisiones pueden alcanzar niveles que causen un daño temporal o incluso permanente en los animales. Por otra parte, es probable que cause estrés un sonido elevado.

Diferentes parámetros se han tenido en cuenta para la evaluación de los efectos del sonido en los mamíferos marinos. Incluyen en área sondeada en relación al tamaño del hábitat de los animales, la alteración de su comportamiento, así como la cuestión de si los animales se acaban habituando o permanece su sensibilidad.

Para las focas, el rango de percepción para el sonido emitido durante la construcción del parque se extiende más alla de 100 km. Por ejemplo, los niveles de presión sonora medidos durante la fase de funcionamiento de la apisonadora a una distancia de 33 km fueron aproximadamente 50 dB por encima del umbral de audición de las focas a una frecuencia por debajo de 4 kHz. Se trata de una medida de especial importancia, ya que las señales de comunicación entre animales se mueven en el mismo rango de frecuencias. El funcionamiento de unas turbinas de 1,5 – 2 MW de potencia serán también detectables por las focas a una distancia de 5 a 10 km.

En el caso de las marsopas, reaccionan durante la construcción a distancias de más de 14 km. Estos animales fueron observados mostrando claros signos de evitar el parque nadando en la dirección contraria a la fuente de ruido. Mostraron un incremento en su velocidad de nado, saltando del agua y permaneciendo en la superficie. Como las áreas de reducción del sonido ocurren cerca de la superficie, este comportamiento se traduce en una forma de usar una "zona de sombra" del ruido.

Estos comportamientos fueron completamente eliminados usando una cortina de burbujas de aire, entre la zona donde trabaja la apisonadora y los animales. Éstos volvieron a su comportamiento normal de nado y buceo (Lucke K, 2008).

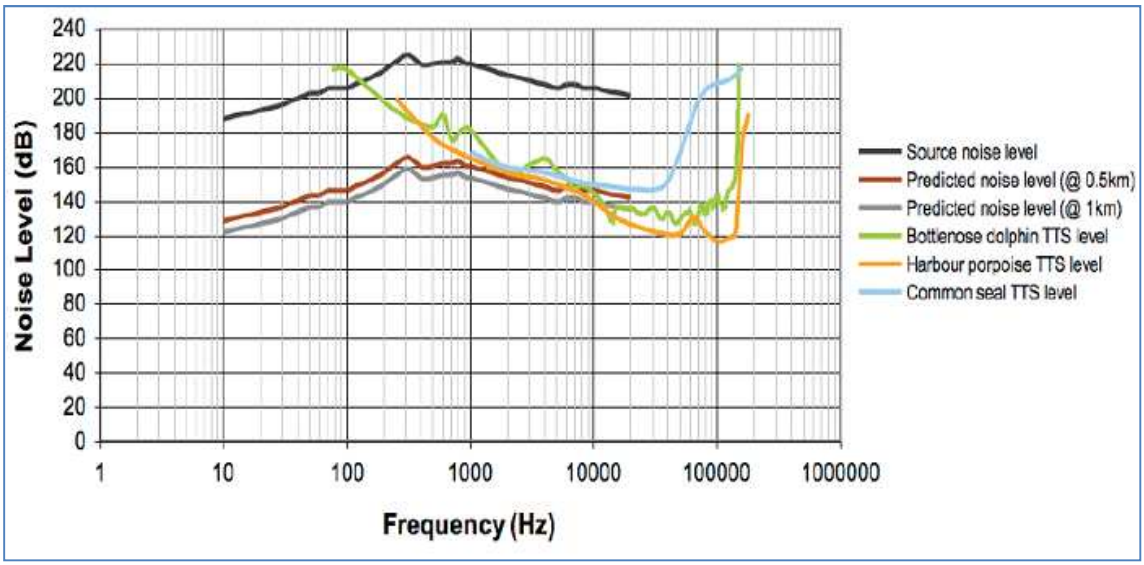


Figura 22: Nivel de presión sonora en la turbina y a dos distancias de la fuente, en relación al umbral de audición de tres especies.

- **Electromagnetismo**

Al igual que los peces, los cetáceos también pueden captar radiaciones electromagnéticas.

Pueden verse influenciados por el sonido de baja frecuencia y los campos eléctricos y magnéticos de los cables. Sin embargo, los cálculos de los campos magnéticos de los cables submarinos un metro bajo tierra demuestran que el campo magnético en el fondo del mar sería menor que el campo geomagnético. Por lo tanto no debe esperarse un impacto grande si los cables están debidamente enterrados (offshorewindenergy, 2011).

Walker et al. (1992) lograron establecer una relación entre la localización de ballenas en estaciones diferentes con áreas de baja intensidad geomagnética, que concluyen en la hipótesis de que las ballenas captan este tipo de campos.

No obstante, hay que ser cautos a la hora de extrapolar estos resultados a un parque eólico, puesto que estos estudios han sido llevados a cabo en laboratorios en condiciones controladas que no son representativas de lo que ocurre naturalmente. (Beatrice, 2005)

4.2.4. FLORA

Los efectos en la flora pueden llevar a creación de nuevos hábitats o alteración o eliminación de los mismos.

- Creación de nuevos hábitats

En la mayoría de los parques eólicos, la presencia de los aerogeneradores no ha supuesto un gran cambio en la flora de la zona. Sólo en algunos casos como en el parque Nysted donde se ha pasado de una vegetación de fondo de mar a una vegetación de sustrato duro, porque las cimentaciones les sirven de anclaje.

La colonización de este nuevo hábitat se llevará a cabo por una combinación de migración del fondo marino y de asentamiento de especies. El hábitat generado dependerá del tipo de cimentación, pero primero se dispondrán a colonizar la superficie de los aerogeneradores, algas filamentosas. (Klaustrup, 2006)

En el parque eólico Nysted, eran pocas las comunidades de algas, inferior al 5% abundaban las algas filamentosas marrones Pilayella y Ectocarpus. La distribución de las algas estaba estrechamente relacionada con las zonas de sustratos duros.

- Alteración/eliminación de hábitats

En el parque eólico Nysted, durante la fase de construcción, el dragado y remolición de sedimentos, ha afectado a las especies de macroalgas. Puede afectar formando una nube de suspensión de sedimentos que hacen sombra e impiden la entrada de luz necesaria para las plantas.(Elsam Engineering, 2004)

La presencia de los aerogeneradores provoca cambios en las corrientes marinas, lo que llevaría a modificar las comunidades de organismos asentadas en ese hábitat. Dependiendo de la forma de anclaje del aerogenerador, va a haber especies distintas. En el parque eólico, Horns Rev se recubrió las cimentaciones con arena como protección contra la socavación; en cambio en el parque Nysted, antes de la instalación de los aerogeneradores, se arrasó con todo el fondo, lo que hizo que no se pusiera una protección contra la socavación y por lo tanto, hubiera menos formación de hábitats. Con esto se encontró que en Horns Rev, había una distribución de algas: en la parte superior, en una colonización inicial había algas verdes filamentosas,y después algas verdes, pardas y rojas. También fueron encontradas en Nysted, pero mientras que en Horns Rev, continuaba siendo colonizada por nuevas especies, hasta 2005, en Nysted, había disminuido la diversidad especies. El factor más importante en la distribución de las macroalgas ha sido la competencia por el espacio con los mejillones. (Klaustrup, 2006)

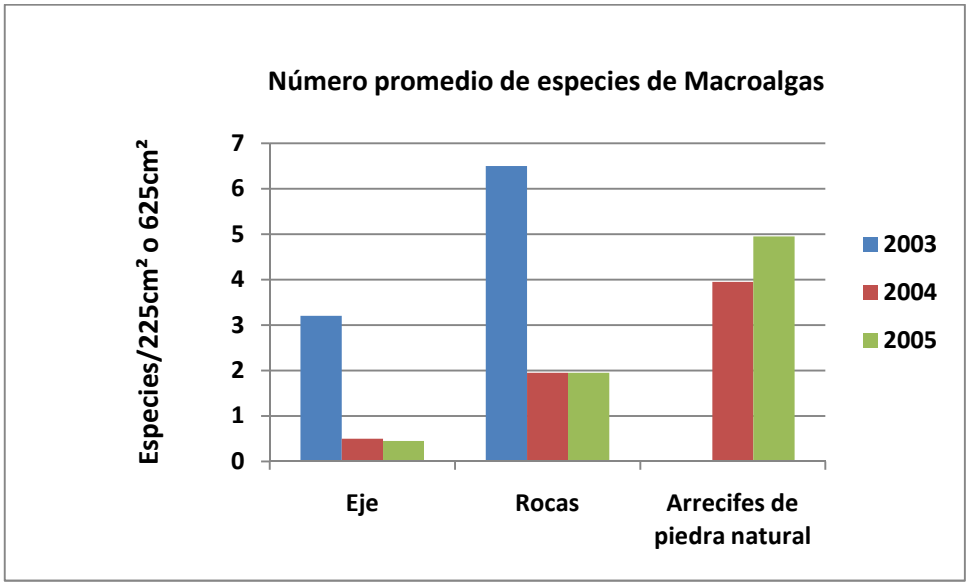


Figura 23: Evolución del número especies de macroalgas en los ejes y las piedras de los aerogeneradores y en arrecifes de piedra natural cerca del parque eólico.

4.3. IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS

Un punto clave para el desarrollo de un proyecto de una instalación eólica offshore consiste en determinar las afecciones que puede tener dicha instalación en la población a la que afecte así como los posibles impactos que pueda generar en la economía ya que de ello dependerá la conveniencia o no de la inversión. (Propuesta de una metodología para la implantación de parques eólicos offshore, 2009).

4.3.1. CONFLITOS DE USOS:

- **Riesgo de colisión de buques y navíos y efectos sobre la navegación marítima y en la pesca comercial.**

La presencia de los aerogeneradores puede suponer un riesgo de colisión para buques, incluidos los barcos de pesca a pesar de que debe haber una zona de seguridad mínima de unos 500 metros. (Beatrice, 2005)

La ausencia casi completa de experiencia sobre los efectos que estas instalaciones pueden ocasionar sobre cada especie y arte de pesca, han impedido profundizar en la evaluación de este impacto, es posible que durante la instalación y presencia física de los aerogeneradores se produzca una fuente de interferencia en la pesca comercial. (Estudio estratégico ambiental español para la instalación de parques eólicos marinos)

Los impactos potenciales son:

- La interferencia con la pesca durante el despliegue de las unidades de aerogeneradores y el enlace asociado cable eléctrico.
- Las posibles interacciones entre las unidades de aerogeneradores y de buques pesqueros.
- Las posibles interacciones entre el cable eléctrico y las artes de pesca.

Los impactos potenciales de esta sección se concentran generalmente en los que pueden afectar a la capacidad de los pescadores.

Se debe evaluar el tráfico marítimo así como las actividades pesqueras que se desarrollan en la zona.

Durante la fase de construcción, habrá buques operando en la zona de fijación del aerogenerador y en la ruta del cableado. Estas actividades se anuncian por el canal de “Aviso a Navegantes”, por lo que bajo buenas prácticas marineras y con respeto a la seguridad, no supone un riesgo significativo para la pesca comercial.

Durante la fase operacional, los aerogeneradores conformarán una zona de seguridad en cambio el cable eléctrico irá enterrado en el fondo marino por lo que no supondrá un efecto negativo para la actividad pesquera. (Beatrice, 2005)

Se debe tener una información exhaustiva del tipo de capturas comerciales importantes para la economía del lugar y evaluar los caladeros y zonas de pesca así como los períodos de mayor carga pesquera en el sistema.

Medidas de mitigación:

La actividad asociada a la instalación será notificada mediante el canal de "Avisos a Navegantes", los aerogeneradores estarán provistos de unidades lumínicas y de medidas de señalización como balizas y visible a los radares de los buques.

Evitar caladeros ricos en especies comerciales.

Las actividades asociadas a la instalación serán notificadas mediante el canal de "Aviso a Navegantes". Los aerogeneradores deberán estar pintados y provistos de unidades lumínicas.

El canal de "Avisos a Navegantes" no es más que boletines periódicos que publica la autoridad marítima para actualizar, cartas náuticas, derroteros, listas de faros, lista de radio ayudas a la navegación y otras publicaciones náuticas. (Instituto hidrográfico de la marina, 2011)

El método de evaluación los riesgos por colisión es identificar las rutas de transporte que pueda interferir en el emplazamiento a una distancia mínima comprendida entre 10, 5, 2 y 1 millas náuticas del área de los aerogeneradores, la localización de puertos marítimos cercanos a la instalación, así como evaluar la actividad pesquera próxima a la zona. (Beatrice, 2005)

Por ejemplo, para el emplazamiento Beatrice se obtuvo un listado de las rutas marítimas a 10 millas náuticas de las turbinas (Anatec, 2005).

Nº Ruta	Descripción	Aerogeneradores 1		Aerogeneradores 2		Barcos por año
		CPA	Brg	CPA	Brg	
1	Moray Firth-N Noruega/Rusia E	1.5	136	1.1	136	12
2	Moray Firth-N Noruega/Rusia W	4.1	308	4.5	308	12
3	Belfast-Buckie	4.2	92	3.9	92	24
4	Moray Firth-Lerwick	5.4	306	5.8	306	64
5	Moray Firth- Scalloway	6.7	303	7.1	303	104
6	Leadon-Moray Firth	8.0	147	7.6	147	16
Total de barcos por año						232

Figura 24: Listado de rutas marítimas a 10 millas náuticas de las turbinas del parque eólico Beatrice. (Beatrice,2005) CPA: punto de aproximación más cercano. Brg: orientación de la CPA respecto a las turbinas en grados magnéticos

Se observa la cantidad de tráfico marítimo por ruta que hay donde destaca la establecida por los puertos de Moray Firth- Scalloway con una densidad de 104 barcos por año.

- **Riesgos en plantas acuícolas:**
  Se debe evaluar la posible afección de los aerogeneradores y cables eléctricos sobre otras instalaciones marinas como pueden ser granjas marinas ya sean de moluscos o piscícolas que puedan estar próximas. (Beatrice, 2005)

Los países se han dado cuenta de que la acuicultura offshore es una gran oportunidad para satisfacer las necesidades de la población. (Prospective energy needs in Mediterranean offshore aquaculture:Renewable and sustainable energy solutions, 2010) Actualmente hay proyectos que contemplan la hibridación de plantas de acuicultura junto con la producción de energía eléctrica de origen eólico. De esta forma conseguir un aprovechamiento integrado de recursos naturales renovables en la plataforma continental. (La energía eólica marina en la provincia de Cádiz, 2010)

Medidas de mitigación:

Evitar la proximidad a este tipo de instalaciones.

- **Efectos sobre la Red Natura 2000 – LICS**

Para cumplir con la Directiva Hábitat, los Estados miembros deben garantizar que los espacios de la Red Natura (Protección Especial Áreas de Aves (ZEPA) y Zonas Especiales de Conservación (ZEC)) adopten las medidas apropiadas para evitar el deterioro de hábitats y especies, así como las alteraciones significativas. Como parte de este proceso, los nuevos planes y proyectos requieren ser evaluados respecto a los objetivos de conservación de un espacio Natura, para determinar si podría afectar negativamente a su integridad.

La consideración de si un proyecto propuesto puede afectar a un espacio Natura 2000 tiene dos etapas importantes. La primera es una evaluación de si la propuesta es que pueda tener un efecto significativo y la segunda es la consideración de si la propuesta causará perjuicio a la integridad de espacio.

Cabe destacar también las zonas declaradas como Reservas Marinas, declaradas en la Ley 3/2001 de 26 de Marzo, de Pesca Marítima del Estado y sus áreas de influencia. (Memoria Ambiental, 2008)

- **Efectos en actividades militares:**

Conocer si el Departamento de Defensa realiza cualquier tipo de actividad en la zona.

Próximo al emplazamiento Beatrice, el departamento de defensa realiza actividades tanto superficiales como submarinas. Detalladas en la siguiente tabla: *(DTI, 2004c)*

Nº Serie	Emplazamiento	Tipo de prácticas	Altitud (m)
D807	Moray Firth	Radar de boya	457
D809(N)	Moray Firth (Norte)	Prácticas de tiro tierra-mar-aire; ejercicios de submarino; ejercicios aéreos	16,764
D809(C)	Moray Firth (Centro)	Prácticas de tiro tierra-mar-aire; ejercicios de submarino; ejercicios aéreos	16,764
D809(S)	Moray Firth (Sur)	Prácticas de tiro tierra-mar-aire; ejercicios de submarino; ejercicios aéreos	16,764

Figura 25: Actividades militares de la zona alrededor del parque Beatrice.

- **Efectos en aviación y telecomunicaciones**

La presencia de los aerogeneradores puede afectar a los sistemas marítimos de radio, radares civiles, militares, aeronáuticos así como a los sistemas de ayuda para la navegación.

La magnitud de los efectos va a depender en gran medida del tamaño, alcance y ubicación de la instalación en su conjunto.

Medidas de mitigación:

Uso de sistemas lumínicos de señalización como ya se ha expuesto.

Los cables eléctricos irán protegidos y a una profundidad mínima de 0,6 metros para no interferir con artes de pesca de fondo como el arrastre. Se realizarán controles periódicos de las rutas del cableado para garantizar su soterramiento.

Una forma de motorización para evaluar su efecto es realizar un estudio de todas las posibles fuentes de telecomunicación en un radio de 30km de la instalación y controlar los parámetros de funcionamiento de todos los sistemas que podrían verse afectados.

Los resultados obtenidos en el Parque Eólico Beatrice dan como resultado la inexistencia de cualquier tipo de afección en el sistema de telecomunicaciones.

Respecto a la aviación, no se ha identificado ningún tipo de impacto asociado. En caso de maniobras de aproximación de helicópteros, los aerogeneradores son visibles mediante radar. (Beatrice, 2005)

- **Ruido:**

En general, existen dos fuentes de ruido durante el funcionamiento de una turbina de viento: ruidos mecánicos procedentes de la interacción de los componentes de la turbina y ruidos aerodinámica, producida por el flujo de aire sobre las aspas (BWEA, 2000). La mecánica puede ser descrita como un 'zumbido' en un tono constante y los modernos aerogeneradores de gran tamaño tienen una frecuencia de un paso de aspa por segundo.

Es difícil definir el viento como ruidoso por ello a la hora de definir el ruido de fondo, es un factor esencial para conocer el que se produce por consecuencia de las turbinas.

Medidas de mitigación:

El método más común para hacer frente a ruido potencial es exigir una distancia mínima entre los aerogeneradores y la residencia más cercana.

- **Efectos en lugares de importancia arqueológica**

Este impacto resulta significativo si bien se han constatado importantes dificultades para su consideración por no haber disponible una cartografía apropiada en la mayoría de las regiones. Aun así en caso de que se disponga de información ésta no será pública por motivos de seguridad. (Memoria ambiental, 2008)

La ubicación de los aerogeneradores es incompatible en aquellas localizaciones donde exista o aparezca patrimonio arqueológico sumergido, por los grandes impactos sobre pecios o yacimientos arqueológicos. Uno de los impactos asociados, además de la propia destrucción del patrimonio, sería el impacto visual sobre el paisaje sumergido, donde en muchas ocasiones se realizan actividades turísticas y de buceo. (Estudio

estratégico ambiental del litoral español para la instalación de parques eólicos marinos, 2009)

Próximo al emplazamiento Beatrice se contabilizó los siguientes pecios: (www.shipwrecksofscotland.com; www.ww2inthehighlights.co.uk; www.bsactrvelclub.co.uk)

Nombre	**Historia**	**Localización**
San Tibercio	Buque hundido por una mina	Moray Firth
Verona	Yate de lujo	Sin información
Tantivy	Submarino	Sin información
Unity	Pequeño buque de pesca	Puerto de Lossiemouth
Fram Bow	Hundido por un submarino	A 4 millas del puerto de Pennan
Inverlane	Hundido por una mina	Cerca de Cromarty Firth
Gratafield	Buque torpedeado en 1940	157 millas frente a la costa de Wick
Marsona	Dragaminas perdido en 1940	Exterior de Moray Firth
RMS Remuera	Avión torpedeado	Frente a la costa de Fraserburh

Figura 26: Lugares de importancia arqueológica para el parque Beatrice.

4.3.2. IMPACTO VISUAL:

El impacto visual de los aerogeneradores es uno de los principales inconvenientes con el que se encuentra la energía eólica marina (Henderson et. all, 2001).

Además de que durante la fase de construcción, la presencia de embarcaciones, equipamientos y grúas, puede provocar cierta turbidez de las aguas. En este caso son impactos temporales. (Visual Assessment of Windfarms, 2002)

Medidas de mitigación:

El problema puede ser abordado alejando más las estructuras de la costa. El impacto visual a nivel del mar es insignificante a una distancia de 8 km (Universidad de Newcastle, 2002), y a 45 km imperceptible debido a la curvatura del planeta. (Europe's onshore and offshore wind energy potential, 2009)

4.3.3. IMPACTOS SOCIALES:

La aceptación social es un aspecto clave a la hora de hacer frente al despliegue de la energía eólica marina. (Europe’s onshore and offshore wind energy potential, 2009).

Los actuales proyectos en alta mar indican que la aceptación social está estrechamente relacionada con los impactos ambientales. (Offshore Wind in Europe, 2002)

Los estudios sociológicos y económicos medioambientales proporcionan si la población está a favor o en contra de un determinado proyecto.

Medidas de mitigación:

Es de vital importancia la participación de la ciudadanía afectada.

Desde el punto de vista político, un proyecto de estas características conlleva la realización de un estudio ambiental importante para el bienestar económico de la población.

Dos estudios importantes que se deben contemplar son las actitudes y las preferencias de los ciudadanos por lo que las entrevistas y cuestionarios juegan un papel fundamental.

En el estudio, "Danish offshore wind" tenemos un ejemplo de cómo se ha abordado el tema mediante encuestas sobre las actitudes de la población hacia los parques eólicos marinos y se obtuvieron resultados como:

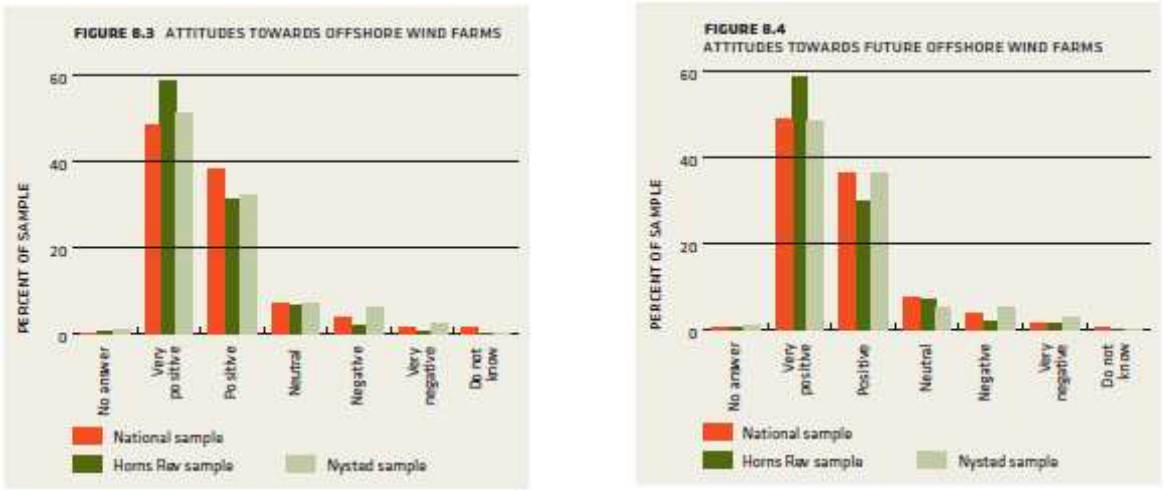


Figura 27: Actitudes sobre los actuales y futuros parques eólicos marinos.

Como se observa en las gráficas, las actitudes de la población son muy positivas respecto a los parques actuales así como los futuros. (Danish offshore wind, 2006)

- **Efectos sobre el turismo**

Es poco probable que se generen efectos positivos o negativos sobre el turismo a causa de las instalaciones debido a que desde tierra se percibirán en el horizonte como algo pequeño e insignificante. Puede estimular el interés del turismo, generar actividades en tierra en el lugar de montaje de la instalación y ser de interés para la población local. (Beatrice, 2005)

- **Efectos sobre la población**

Los efectos sobre el medio económico derivados del funcionamiento de los parques se prevén positivos, contribuyendo al desarrollo económico y tecnológico de la región.

El funcionamiento de los aerogeneradores repercutirá positivamente en las regiones donde se ubiquen, a través del desarrollo del tejido industrial y la generación de empleo en las labores de mantenimiento de las instalaciones. (Estudio Estratégico Ambiental del Litoral Español para la instalación de parques eólicos marinos, 2009)

- **Efectos sobre la economía**

La potencia total instalada en alta mar en Europa ha sido de menos de 50 MW en 2000 a cerca de 1471MW a finales de 2008 (EWEA, 2009), que se traduce en una tasa promedio anual del 50%.

El principal problema de la energía eólica offshore respecto a la onshore son los costes de las instalaciones, pero gracias a las nuevas tecnologías, las mejoras en el tamaño de la turbina y la eficiencia energética la brecha se ha reducido y se espera que la situación se invierta con el paso de los años. (The economics of offshore wind, 2011).

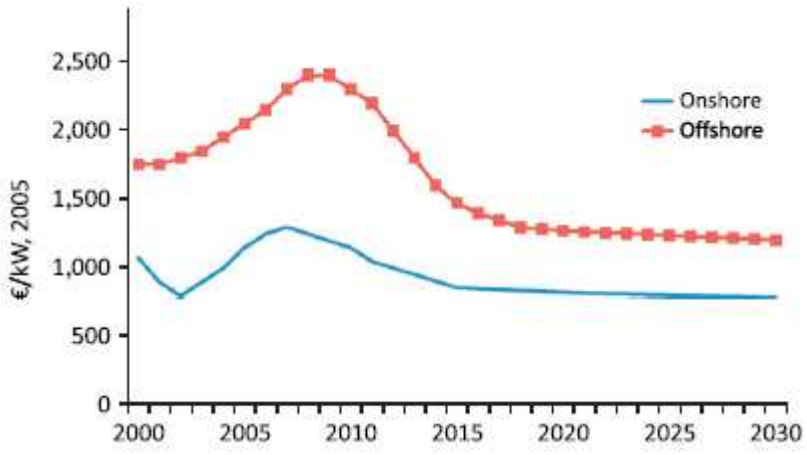


Figura 28: Variación de los costes en relación con la potencia generada a lo largo de los años con una predicción estimada hasta el año 2030. *(EWEA, 2008)*

Económicamente la distancia a costa de los parques offshore así como la profundidad influye mucho en los costes.

	Distancia de costa							
Profundidad	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-100	100-200	>200
10-20	1	1.02	1.04	1.07	1.09	1.18	1.41	1.60
20-30	1.07	1.09	1.11	1.14	1.16	1.26	1.50	1.71
30-40	1.24	1.26	1.29	1.32	1.34	1.46	1.74	1.98
40-50	1.40	1.43	1.46	1.49	1.52	1.65	1.97	2.23

Figura 29: Incremento significativo de costes en función de la profundidad y la distancia a costa.

La tabla muestra el incremento significativo si aumenta la profundidad y la distancia de costa. En la actualidad los parques tienden a buscar distancias de unos 20km alejados de costa y a una profundidad de 20m. (EWEA, 2009)

5. CASO DE ESTUDIO. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL EN HUELVA

Se ha estudiado el caso de la eólica en el mar de Huelva, porque se ha visto primero que la eólica en España está muy desarrollada, y en Huelva porque es la zona de Andalucía donde hay recurso eólico y donde no hay conflictos de uso en el mar. Entre los proyectos que presentaron distintos promotores al Ministerio, están los de Huelva en Isla Cristina, Costa de la Luz, Lepe y Punta del Gato, como podemos ver en la siguiente figura.

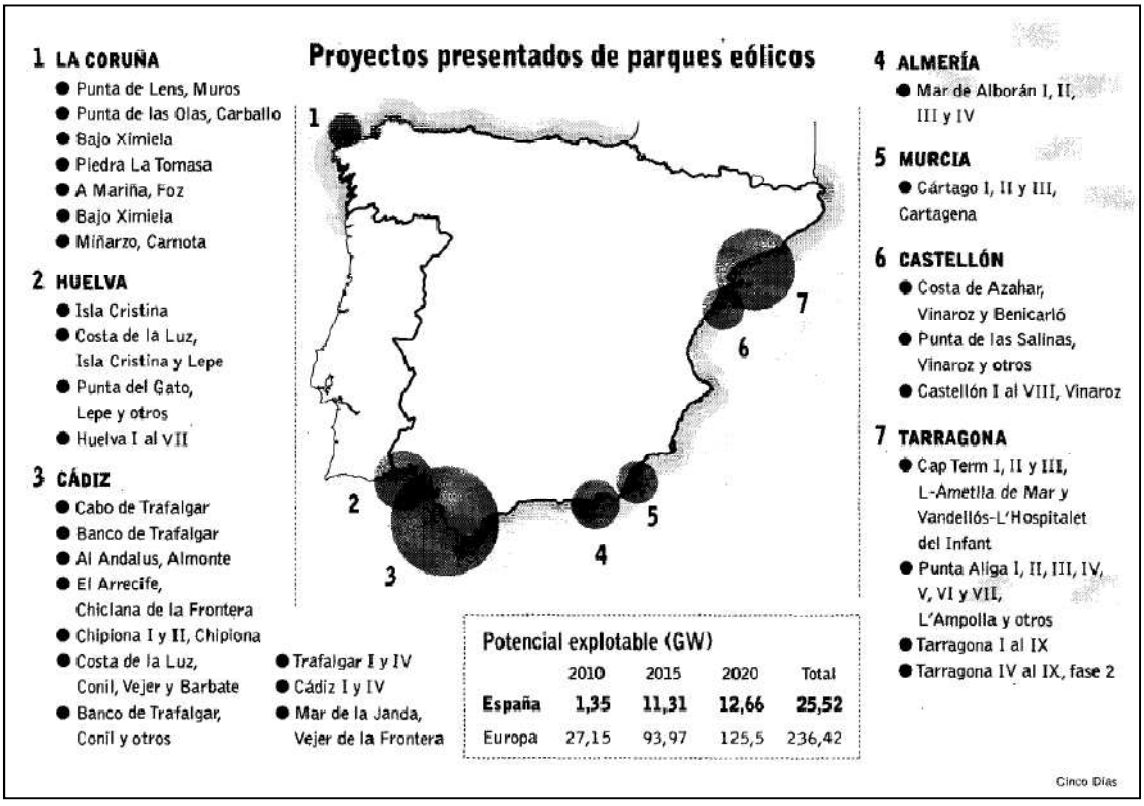

Proyectos presentados de parques eólicos
1 LA CORUÑA
Punta de Lens, Muros
Punta de las Olas, Carballo
Bajo Ximiela
Piedra La Tomasa
A Mariña, Foz
Bajo Ximiela
Miñarzo, Carnota
2 HUELVA
Isla Cristina
Costa de la Luz, Isla Cristina y Lepe
Punta del Gato, Lepe y otros
Huelva I al VII
3 CÁDIZ
Cabo de Trafalgar
Banco de Trafalgar
Al Andalus, Almonte
El Arrecife, Chiclana de la Frontera
Chipiona I y II, Chipiona
Costa de la Luz, Conil, Vejer y Barbate
Banco de Trafalgar, Conil y otros
Trafalgar I y IV
Cádiz I y IV
Mar de la Janda, Vejer de la Frontera
4 ALMERÍA
Mar de Alborán I, II, III y IV
5 MURCIA
Cártago I, II y III, Cartagena
6 CASTELLÓN
Costa de Azahar, Vinaroz y Benicarló
Punta de las Salinas, Vinaroz y otros
Castellón I al VIII, Vinaroz
7 TARRAGONA
Cap Term I, II y III, L-Ametlla de Mar y Vandellós-L'Hospitalet del Infant
Punta Aliga I, II, III, IV, V, VI y VII, L'Ampolla y otros
Tarragona I al IX
Tarragona IV al IX, fase 2
Potencial explotable (GW)
2010 2015 2020 Total
España 1,35 11,31 12,66 25,52
Europa 27,15 93,97 125,5 236,42
Cinco Días

Figura 30: Proyectos presentados al Ministerio por parte de distintas empresas.

Ahora pasamos a ver el análisis de alternativas, para seleccionar aquellas que sean viables.

La generación de alternativas se plantea en base a 4 aspectos: marco regulatorio, el recurso eólico, la batimetría y la capacidad de evacuación de las infraestructuras eléctricas existentes.

1. Marco regulatorio

   El análisis del marco regulatorio- legislativo y financiero- permite valorar el interés que puede tener desarrollar una instalación eólica offshore en un determinado país.
   Primero, habrá que ver los objetivos específicos, en materia de potencia eólica marina en España. En la Figura 31 se expone un cuadro resumen publicado en un informe de "Emerging Energy Research", en el cual se valora la posición de distintos países en relación con el marco regulatorio. Se da una puntuación que va del cero al veinte, siendo los países con mayor puntuación donde es más favorable plantear las instalaciones eólicas marinas.

PAÍS	LEGISLACIÓN (0-20)	INCENTIVOS REGULATORIOS (0-20)	SUMA
ALEMANIA	15	20	35
REINO UNIDO	14	20	34
BÉLGICA	12	16	28
ESPAÑA	11	16	27
SUECIA	12	11	23
DINAMARCA	10	11	21
FRANCIA	6	15	21
IRLANDA	8	11	19
COREA DEL SUR	7	11	18
TAIWAN	7	9	16
POLONIA	6	10	16
HOLANDA	8	7	15
NORUEGA	7	7	14
CHINA	5	9	14
JAPÓN	8	5	13
ITALIA	2	10	12
EE.UU.	6	4	10
CANADÁ	2	4	6

Figura 31: Cuantificación de intereses por legislación e incentivos por países. (Emerging Energy Research, 2008)

En la tabla podemos ver que España se encuentra en una posición destacada alcanzada tras la publicación del Real Decreto 1028/2007, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial. (BOE, 2007)

El procedimiento de tramitación en España es de la siguiente manera: han salido a concurso determinadas áreas eólicas marinas (Figura 32), en ellas existe una zonificación en base a criterios relacionados con aspectos medioambientales y con determinadas actividades humanas, de modo que se distinguen entre zonas aptas(verde), zonas de exclusión(rojo) y zonas con condicionantes(amarillo). (mityc, 2009). Estas áreas están recogidas en el Estudio Estratégico Ambiental del litoral español. A partir de esto, el promotor podrá tramitar una "solicitud de reserva de zona marítima", y sobre este espacio, deberán recopilar informes que definan sus

impactos sobre múltiples aspectos: actividad pesquera, flora, fauna, aves , navegación marítima y aérea, turismo, paisaje, patrimonio histórico y arqueológico, etc. Con estos informes, el promotor elevará la solicitud a un comité de valoración, integrado por 12 subdirectores generales de cinco ministerios y un representante de la comunidad autónoma que linde con el área eólica marina. (El País, 2007)

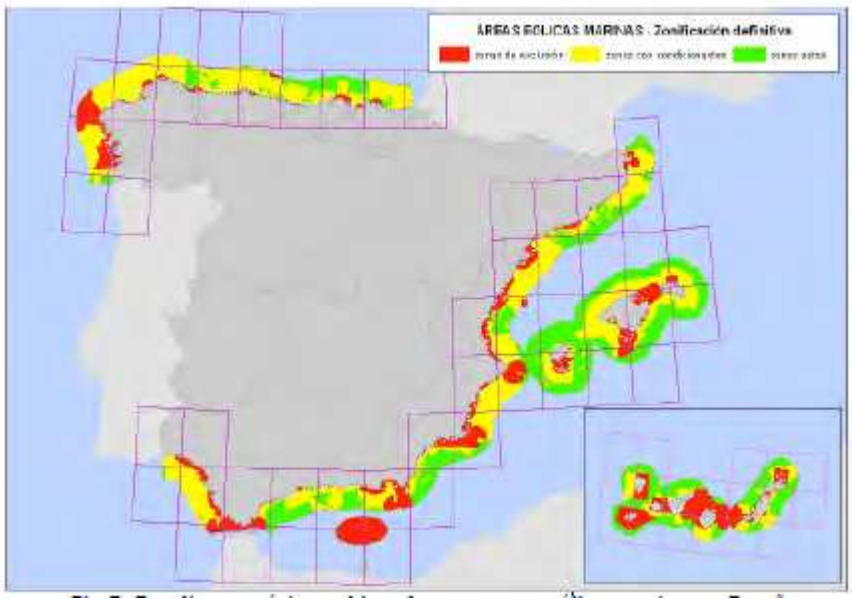


Figura 32: Estudio estratégico ambiental para parques eólicos marinos en España.

En el Estudio Estratégico ambiental, hemos seleccionado la zona 106, que es la parte de Huelva a nivel de Ayamonte. (Ver anexo)

Recurso eólico

Para el proceso de generación de alternativas, en el recurso eólico es necesario conocer la velocidad media aproximada del viento a la altura del buje de los aerogeneradores, donde la altura del buje, en parques eólicos marinos actuales es del orden de unos 80 a 120 metros sobre el nivel del mar. Con los aerogeneradores existentes y los resultados de los análisis técnico-económicos de las cimentaciones, en la actualidad, se considera conveniente descartar un proyecto si la velocidad del viento a la altura del buje sobre el nivel del mar es menor que 6m/s. Entre 6 y 8,5 m/s existe una incertidumbre que se habría de analizar en fases posteriores del proyecto.

Consultando mapas de isoventas[1], a nivel mundial (Figura 33) tenemos que España presenta una velocidad media de 7m/s; y a nivel Europeo, podemos ver en la figura 34, que España está entre los 6 a 8 m/s.

[1] Isoventas: isolíneas que separan áreas de igual velocidad de viento a una determinada altura.

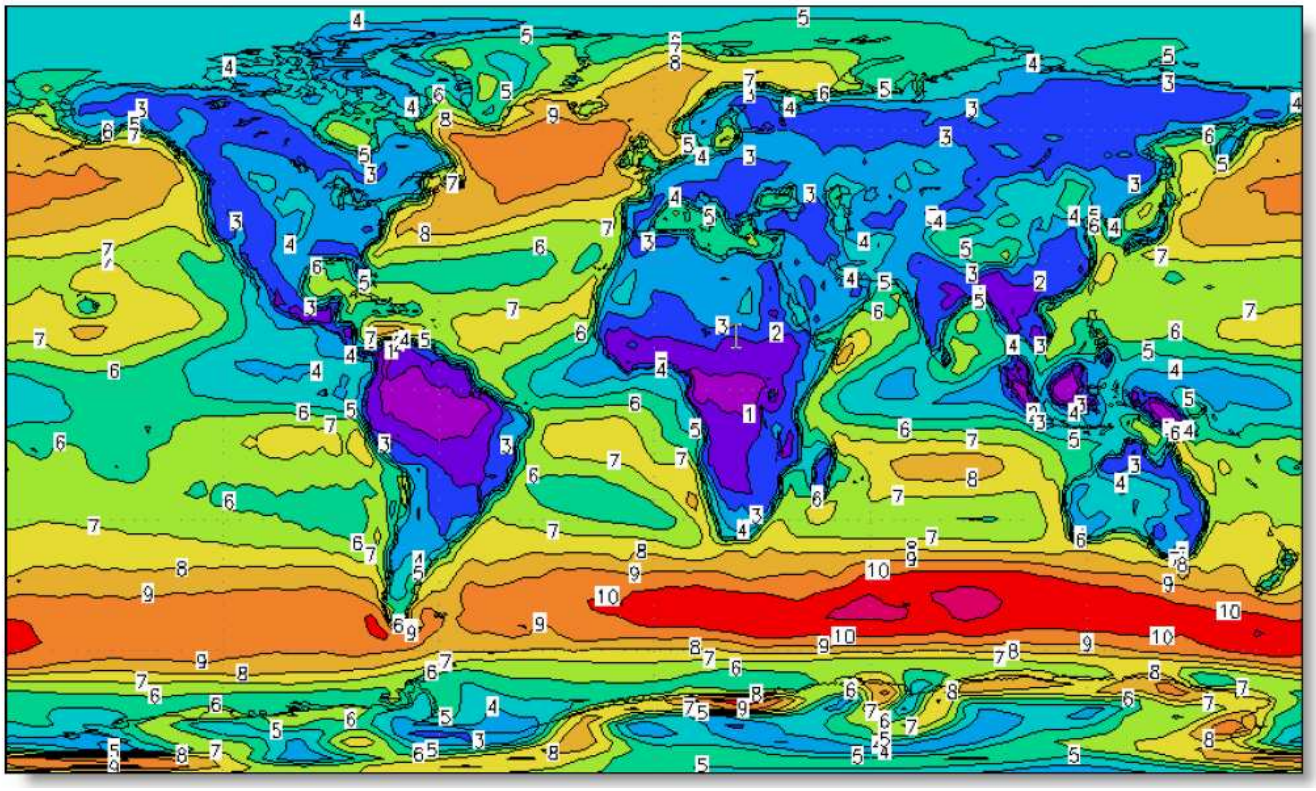
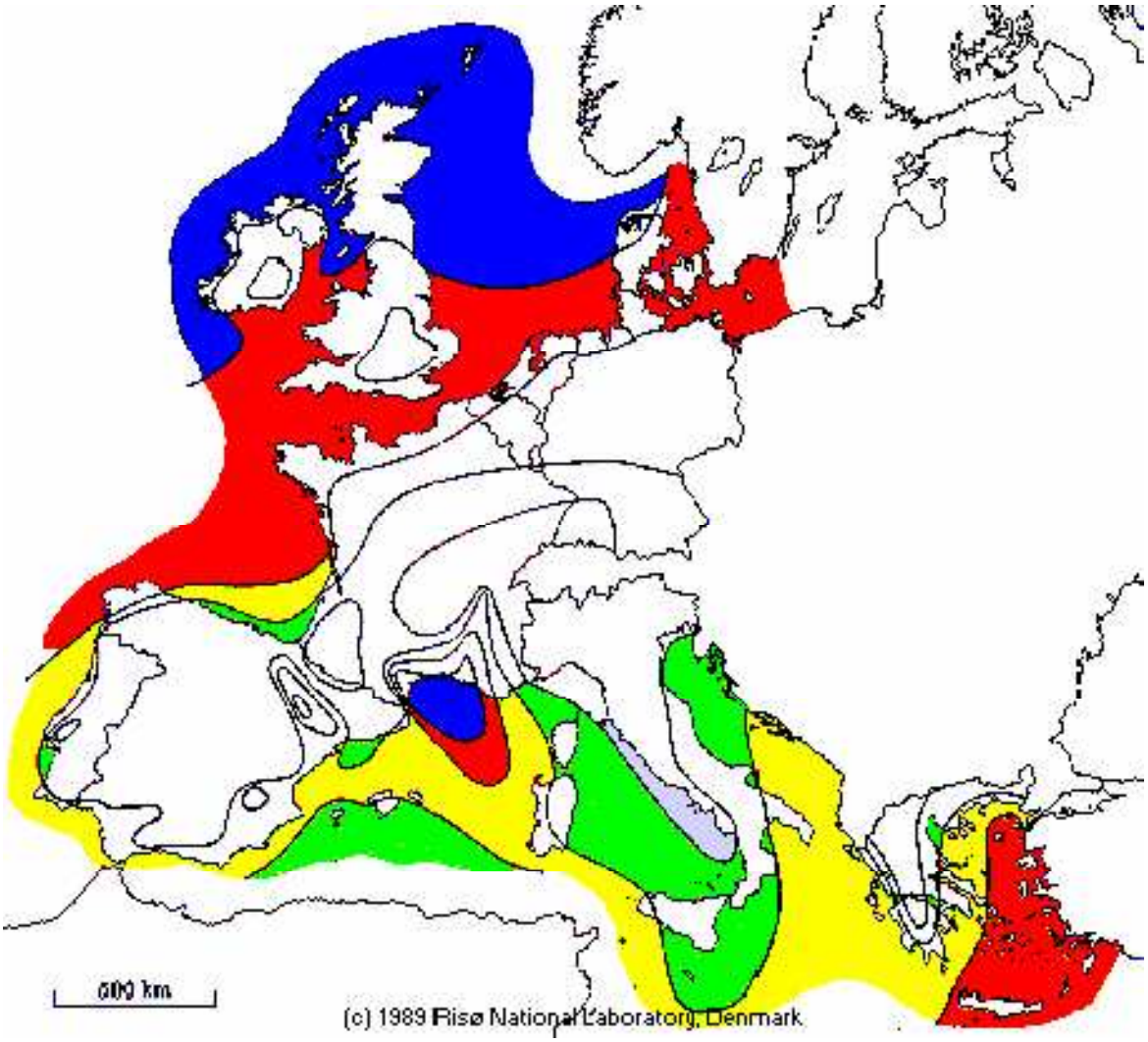


Figura 33: Velocidad media mundial a 10 metros de altura para el periodo 1976-1995.



	10m		25m		50m		100m		200m	
	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2	m/s	W/m^2
	>8.0	>600	>8.5	>700	>9.0	>800	>10.0	>1100	>11.0	>1500
	7.0-8.0	350-600	7.5-8.5	450-700	8.0-9.0	600-800	8.5-10.0	650-1100	9.5-11.0	900-1500
	6.0-7.0	250-300	6.5-7.5	300-450	7.0-8.0	400-600	7.5-8.5	450-650	8.0-9.5	600-900
	4.5-6.0	100-250	5.0-6.5	150-300	5.5-7.0	200-400	6.0-7.5	250-450	6.5-8.0	300-600
	<4.5	<100	<5.0	<150	<5.5	<200	<6.0	<250	<6.5	<300

Figura 34: Recursos Eólicos Europeos sobre mar abierto (más de 10 km de la costa) para cinco alturas estándar.

Para analizar se será viables un proyecto eólico en Huelva, se consultó el mapa del Instituto para la Diversificación y ahorro de la Energía(ver en anexo),el cual está realizado de un estudio histórico de la velocidad media del viento durante 15 años e indica que en la zona de estudio las velocidades que se alcanzan son del orden de 7 a 7,5 m/s a menos de 15 Km de la costa, que es donde se suelen situar los parques en la actualidad, con la tecnología existente. Esta velocidad es suficiente para que sea rentable la construcción del parque. Aún así, sería bueno realizar mediciones in situ, con un anemómetro, a distintas alturas sobre el nivel de mar.

2. Batimetría

   En cuanto a la batimetría, se consultó la Rediam, con lo que se ha realizado un mapa con los metadatos y el Programa ArcGis.(ver anexo)
   En el mapa podemos ver que el sector atlántico o Golfo de Cádiz está formado en su mayoría por costas bajas y aplaceradas lo que confiere a la isóbatas una distribución más suavizada, y se diferencian la plataforma y el talud continental.

   En cuanto a la plataforma continental, el límite se sitúa en las profundidades comprendidas entre los 100 y 120 m. La anchura de esta plataforma, a lo largo de todo el litoral andaluz, es irregular y estrecho con una anchura media de 5Km. Las líneas batimétricas se presentan espaciadas, reflejando pendientes suaves y homogéneas y van agrupándose a medida que nos acercamos al Estrecho de Gibraltar.

   En el Talud se aprecian más irregularidades en las líneas batimétricas, mostrando formas características de los pequeños cañones y cauces que surcan la parte central y cuyo límite inferior se sitúa en los 500 m de profundidad.

   La profundidad media de los parques eólicos marinos existentes en el mundo al finalizar 2010 (en su práctica totalidad en los mares del Norte de Europa) es inferior a los 20 m. Con carácter excepcional, algún parque comercial puntual supera ligeramente la profundidad de 50 m, que puede considerarse el límite batimétrico para la tecnología actual, y para la práctica totalidad de los parques eólicos comerciales que se pongan en España hasta el año 2020.(IDAE, 2010)

   Consultando el mapa realizado en el Estudio Estratégico Ambiental, podemos ver que la zona apta a nivel de Ayamonte, se encuentra a una profundidad mayor de 50 m, con lo que no se podría construir con la tecnología actual, un parque eólico marino, ya que sólo permite hasta 40-50 m de profundidad. Habría que utilizar una tecnología flotante, que está actualmente en estudio.

3. Capacidad de evacuación de la infraestructura eléctrica.

   Para que un parque eólico cumpla su función es imprescindible que se pueda evacuar la energía eléctrica generada a través de las infraestructuras existentes de la red eléctrica.
   En España, la red existente está saturada en muchos puntos debido a la gran demanda de energía, por esto se han hecho planes estratégicos para dar soluciones a estas demandas.
   Para esto Red Eléctrica Peninsular ha iniciado un refuerzo de la red eléctrica mediante una planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016. En 2010 se han incluído nuevas instalaciones, pero no hay ninguna referente a la zona de Huelva.
   (REE, 2011)

   Después de estudiar las distintas alternativas, pasamos al estudio del medio físico, donde se ha estudiado: la geología para poder anclar las cimentaciones, el agua y sus características (mareas, oleaje, corrientes marinas) y de la atmósfera, la salinidad, humedad y temperatura.

1. Geotecnia

A la hora de instalar un parque eólico, la zona y extensión del mismo es importante, porque hay que ver que no cause un impacto visual en las playas, características de la costa, a la cual pueden afectar debido a que al romper las olas con las cimentaciones, hacen variar las corrientes y la llegada a la costa sea distinta. En cuanto al terreno, donde se van a anclar las cimentaciones, conviene saber la profundidad (batimetría), ya visto anteriormente, el contexto físico (como han evolucionado esos estratos) y posibles fenómenos naturales que puede haber en el terreno.

Primero vamos a definir unos conceptos sobre la geología marina.

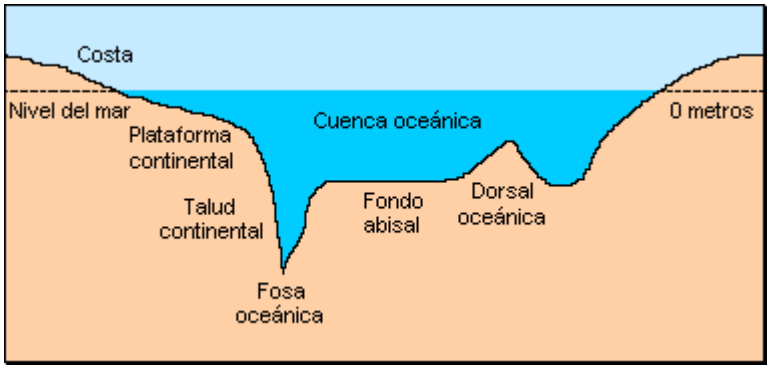


Figura 35: Conceptos de geología marina.

La plataforma continental es la superficie del fondo submarino cercano a la costa, comprendido entre el litoral y las profundidades que no son mayores de 200 metros. Se trata del perímetro extendido de los continentes que se encuentra cubierto por mares no demasiado profundos.

La plataforma continental se origina en la costa y termina en un punto creciente denominado barrera continental. Tras esta barrera, el fondo marino recibe el nombre de Talud continental u oceánico. Después del talud, aparece la elevación continental, que se une con el fondo marino profundo en la llanura abisal.

a) Contexto físico de Huelva

La geología terrestre del Golfo de Cádiz muestra un dispositivo de unidades del Cenozoico- Cuaternario, cercanas a la costa; situándose el contacto con materiales paleozoicos más hacia el N. En cuanto a la geología marina, presenta una fisiografía con plataforma submarina suave hasta los 100-150m. de profundidad, que se reduce frente a las costas de Portugal. (Pendón, 1999)

Los fondos comprendidos entre la orilla y los 200m de profundidad conforman la plataforma continental. En la costa onubense son muy amplios, bastante más en el centro que en los extremos (50 Km en la zona más ancha) siendo sus fondos de una composición similar a la de sus orillas, abundando los grandes depósitos de arenas y fangos.

En la zona desde la desembocadura del Guadiana (Ayamonte) hasta la Punta del Gato en la ría del Piedras, hay tres rías: la del Guadiana, la del Carreras en Isla Cristina y la del Piedras que se une al mar con una formación de arena espectacular en forma de

flecha paralela a la costa. Hacia la zona de poniente, desde el Guadiana a Isla Cristina, predominan fondos fangosos, siendo bastante más arenosos con zonas de cascajo desde La Antilla hacia el rio Piedras. Aparecen fondos rocosos aislados de poca relevancia sobre todo frente al puerto de El Terrón a una profundidad media de unos 10 metros. A profundidades mayores existen fondos rocosos intermitentes, algunos de ellos bastante elevados, casi todos entre las isóbatas de 20 y 40 metros. (Bobo, 1998)

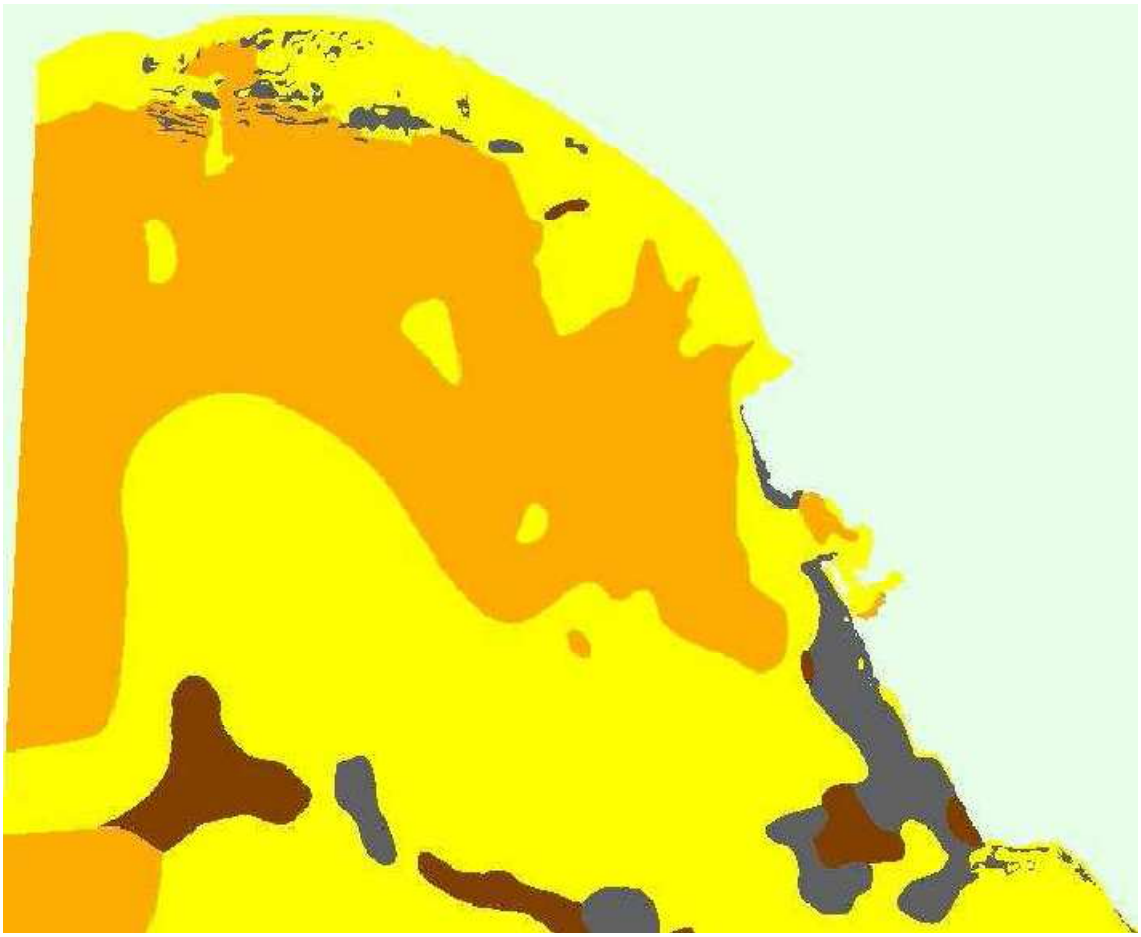


Figura 36: Fondo marino del Golfo de Cádiz. (Agencia Andaluza de la Energía, 2008)

En esta figura podemos ver que los fondos de roca se definen por el color gris, y son apropiados para la realización de taladrados de los pilotes o anclajes (tensos o sueltos) si la profundidad nos lo permitiera. El color marrón define zonas de grava, con las opciones de taladrado (para poco espesor) o de fondeo por gravedad, si la profundidad lo recomienda. El naranja define zonas de fango, mientras el amarillo define zonas de arena, en estos casos se puede usar anclajes de succión, o en caso de la arena, de gravedad.

Nuestro parque, cae por una zona de fangos, con lo cual se podría utilizar anclajes de succión.

b) Fenómenos naturales de riesgo

Según un estudio de "Mecanismos focales de terremotos en España" de la Universidad Complutense de Madrid, los resultados obtenidos para sismos superficiales(h < 40 km) en el Golfo de Cádiz, indican predominio de movimiento de fallas inversas, en dirección N-S, consecuencia de la convergencia entre Eurasia y África. Pero los que más predominan son los sismos intermedios (40 < h < 150 km) y profundos (h ~ 650

km), los cuales son producidos por una subducción del material litosférico, por la colisión entre África e Iberia. (Buforn, 2003)

c) Caracterización de la costa

El litoral de Huelva forma un amplio semicírculo de 145Km de costa, a lo largo del cual los sedimentos avanzan hacia el este empujados por la corriente de deriva litoral atlántica. Los únicos obstáculos que encuentran coinciden con las desembocaduras fluviales, en donde se desarrollan largas flechas de arenas paralelas a la costa. Este litoral se caracteriza por ser arenoso y plano, que se traduce en una amplia plataforma litoral con escasa pendiente. (Sánchez, 2005)

2. Agua

El marco hidrodinámico, que actúa sobre esta fisiografía con plataforma submarina del golfo de Cádiz, está constituido por la presencia de masas de aguas con diferentes caracteres físico-químicos:

- Agua atlántica superficial, que ocupa las plataformas ibérica y africana y se desplaza en dirección al Estrecho de Gibraltar.
- Agua mediterránea más profunda y densa, que circula desde el Estrecho de Gibraltar hacia el oeste y condicionada por la morfología de los fondos marinos y el flujo geostrófico general del océano Atlántico.
- Agua mixta asociada a la presencia de accidentes submarinos significativos, por ejemplo, cañones submarinos, que propician la mezcla de las dos aguas originales.

La circulación de las aguas superficiales en el Golfo de Cádiz se produce de forma que las procedentes del Norte se dirigen hacia el Sur, y a partir del Cabo de San Vicente se subdividen en dos ramas: una de ellas adopta un movimiento anticiclónico, que llega a bifurcarse en el Estrecho de Gibraltar, entrando en el Mediterráneo, y la otra parte se une a la corriente de Canarias; el segundo ramal desde el Cabo de San Vicente continúa en dirección a Canarias, hacia el Sur. La vena de agua atlántica, que se une al entrante del Estrecho de Gibraltar, puede interferir con la marea; con lo que la dirección se invierte en los 200m. superficiales y en función del momento del ciclo mareal. La velocidad de la corriente que entra en el Mediterráneo es de 0,50m/seg, y es más salina (36-38‰).(Pendón, 1999)

a) Oleaje

El oleaje en la costa de Huelva se puede dividir en:

- Oleaje escalar: Borrego(1992)y Morales(1993,1995) estudian los parámetros morfológicos del oleaje en el litoral de Huelva. Para la caracterización escalar del oleaje en la costa de Huelva, se han utilizado los datos del año 1990/91 en una estación de medida frente a las playas de Mazagón, en una boya situada en un punto de la superficie con profundidad de 22 metros. Los resultados estadísticos(Morales, 1993) caracterizan una ola significativa media de 0,69m con longitud de onda de 39,62m y periodo de 5,04segundos. Su nivel de base es 19,81m y su frecuencia temporal supone el 50% del tiempo de actuación.

- Oleaje direccional: el oleaje más frecuente en la costa de Huelva es el procedente del Sur-Oeste(Poniente), seguido en frecuencia por el procedente del Sur-Este(Levante); frecuencialmente son poco significativos el oleaje del Sur y del Este y tiene una importancia relativamente alta el oleaje del Oeste. El dominio frecuencial del oleaje de poniente, suele mantenerse durante todo el año, aunque aparezcan

ciertas diferencias estacionales tanto en la frecuencia temporal de actuación de los oleajes de una u otra procedencia, como en las dimensiones de este oleaje. En verano se acentúa la diferencia frecuencial que presenta el oleaje de poniente frente al de levante, mientras que en invierno existe un mayor equilibrio. (Pendón, 1999)

Según un estudio de la Agencia Andaluza de la Energía sobre el potencial de las energías marinas en el litoral andaluz, la zona del Golfo de Cádiz se plantea muy abierta a la influencia de los vientos y olas provenientes del Atlántico, pero sin embargo la suave pendiente de la plataforma puede suponer importantes fenómenos de asomeramiento y disipación que modifiquen sus características. (Agencia Andaluza de la Energía, 2008) Esto ocurriría en la costa, pero como el parque estará situado a unos 10 Km de la costa, no se verá afectado por fenómenos de asomeramiento.

b) Corrientes marinas

La información disponible acerca de la oceanografía de esta área es limitada y en su mayor parte se restringe al Estrecho de Gibraltar y a la dinámica del flujo de aguas entre el Mediterráneo y el Atlántico. En este punto es donde se forma la vena de Agua Mediterránea (AM), que recorre toda la plataforma peninsular en dirección norte y se adentra en el Atlántico a una profundidad aproximada de 1200 m., y de la que se hablará posteriormente. Esta masa de agua, de alta salinidad, es desviada por el efecto de Coriolis hacia la derecha al pasar por el Estrecho, recorriendo el contorno de la plataforma del Golfo. Otra masa de agua, también proveniente del Mediterráneo, circula a menor profundidad (500-700 m.), y se va diluyendo a medida que se adentra en el Atlántico.
En el Golfo de Cádiz, sobre todo en su parte más central, la plataforma es relativamente ancha, y la diversidad de especies de cetáceos en las primeras millas de navegación es menor que en otras regiones costeras del Atlántico peninsular, pues la caída del talud, que acostumbra a marcar el límite de distribución de las especies oceánicas y es además una zona de agregación tanto de cetáceos costeros como oceánicos, está más alejado que en la costa atlántica gallega o en la cornisa cantábrica. (Aguilar Vila,1997)

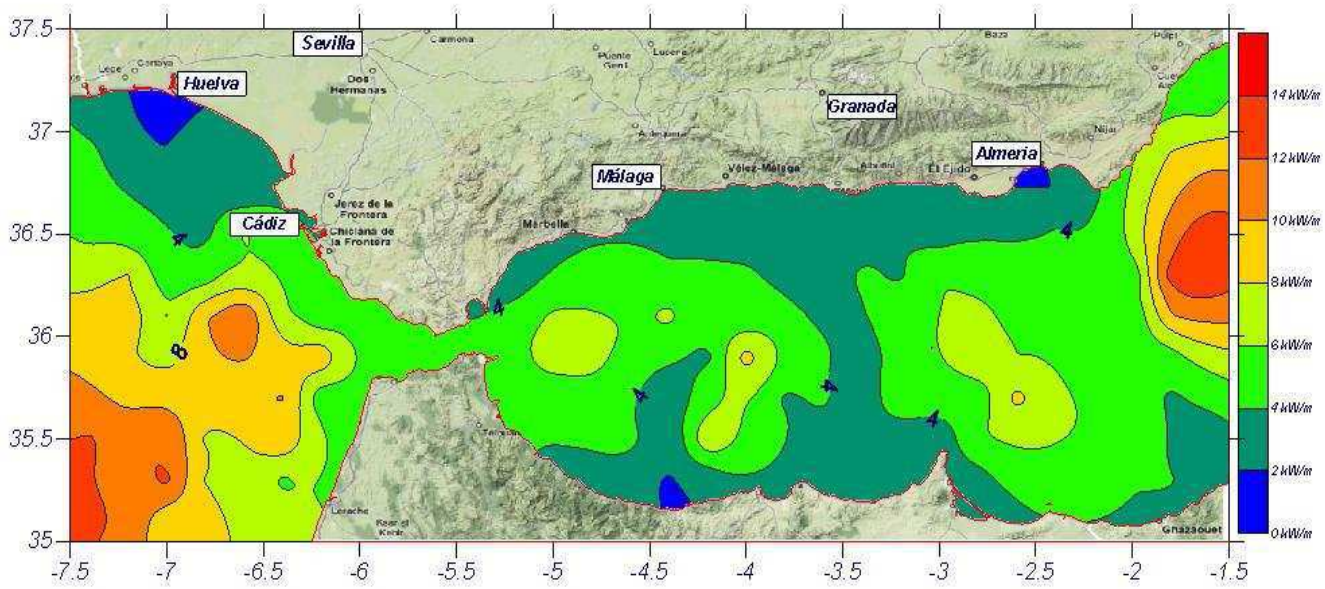


Figura 37: Flujo de energía asociado al oleaje

c) Mareas

El régimen mareal que soporta la costa de Huelva es de carácter mesomareal (rango medio 2,15m), semidiurno y con una oscilación diaria leve. Quiere decir esto que en los diagramas de tiempo-altura de la marea pueden apreciarse ciclicidades de periodos diversos: diurnas, quincenales y semestrales. La diferencia máxima en el rango mareal, entre mareas vivas y muertas es de 2m.

La propagación de la onda de marea en el Golfo de Cádiz es aproximadamente desde el Este hacia el Oeste. Es decir, desde el Estrecho de Gibraltar hacia el Cabo de San Vicente. (Pendón, 1999)

Partiendo de los datos de los mareógrafos de Huelva y Cádiz se puede establecer un rango de mareas de entre 3 y 4 metros entre la pleamar y la bajamar durante las mareas vivas, lo que supone un importante condicionante para tecnologías no flotantes.

3. Atmósfera: Salinidad, humedad y temperatura.

El clima que afecta a la franja costera de Huelva es mediterráneo con influencia atlántica. Las temperaturas medias oscilan en invierno entre 13-14ºC y en verano 25ºC, y pueden alcanzarse los 35-40ºC.(Pendón, 1999)

Una vez realizado el estudio del medio físico, pasamos al diseño de la instalación, para analizar los posibles impactos a las especies y a las actividades humanas de la zona de Huelva.

Diseño de la instalación

Una vez analizada la hipótesis, pasamos al diseño de la instalación. El área apta es de 60Km^2, lo que cabría poner 180 turbinas (distanciadas entre sí unos 600 metros), cada una con una generación de 3MW, que es lo que hay en el mercado. Con esto da una potencia total de 540MW.

I. IMPACTOS A LAS ESPECIES PROTEGIDAS

Introducción

En el caso del medio biológico, el área de estudio vendrá dado por el ámbito de influencia sobre las diferentes comunidades estudiadas. Estas las agruparemos al igual que en los impactos generales, en comunidades piscícolas, aves, bentos y mamíferos marinos, con mención especial de la tortuga boba, presente en la zona de estudio.

Atendiendo a las comunidades piscícolas, aves y mamíferos marinos será importante definir las rutas migratorias y rutas habituales de alimentación, así como las comunidades costeras de aves y las especies frecuentes de cetáceos y peces de la zona.

En el caso del bentos, tendremos que caracterizar las comunidades presentes en el área de operación del proyecto, incluyendo tanto el propio parque eólico, como la subestación y la zona afectada por el cableado submarino.

Cetáceos

Los siguientes cetáceos tienen presencia en nuestra zona de estudio, han sido avistados o han quedado varados en las costas onubenses. Resaltamos el estado de conservación de cada especie, que entendemos será determinante a la hora de poder localizar o no nuestro parque marino en Ayamonte. Tenemos igualmente en cuenta la pertenencia de las especies al Convenio de Bonn, al tratado ACCOBAMS para el mediterráneo, Mar Negro y Atlántico contiguo, al Convenio de Berna o a cualquiera que merezca mención. Los datos se obtuvieron a través de campaña de censo aéreo y desde embarcación.

Rorcual Común / *Balaenoptera physalus*

No se ha registrado esta especie en Huelva desde 2005, y desde esta fecha sólo ha sido avistada en Almería. Es la única especie de todas las que aparece en la costa onubense que aparece en el Convenio de Bonn, sobre especies migratorias de animales silvestres. (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (CMS)).

Se encuentra dentro de la Directiva Hábitat (Anexo IV), Convenio sobre especies migratorias (Apéndice I y II, Apéndice I: Especies migratorias en peligro/ Apéndice II: especies migratorias en estado desfavorable que deben ser objeto de acuerdos.), Berna (Apéndice II y III, Apéndice II: listado de especies de fauna estrictamente protegidas / Apéndice III: listado de especies de fauna protegidas) y Unclos. En la Lista Roja aparece como de Preocupación menor.

Cachalote / *Physeter macrocephalus*

Al igual que en el caso anterior, no aparece desde 2005 y con un único avistamiento en Almería. Esta especie ha sido observada repetidamente en aguas mediterráneas del Estrecho de Gibraltar, indicando un posible tránsito a través de este. Aparece en la Directiva Hábitat (Anexo IV), en el Convenio de Especies Migratorias (Apéndice I y II), Berna (Apéndice II y III) y Unclos (Anexo I). En la Lista Roja aparece como Preocupación Menor.

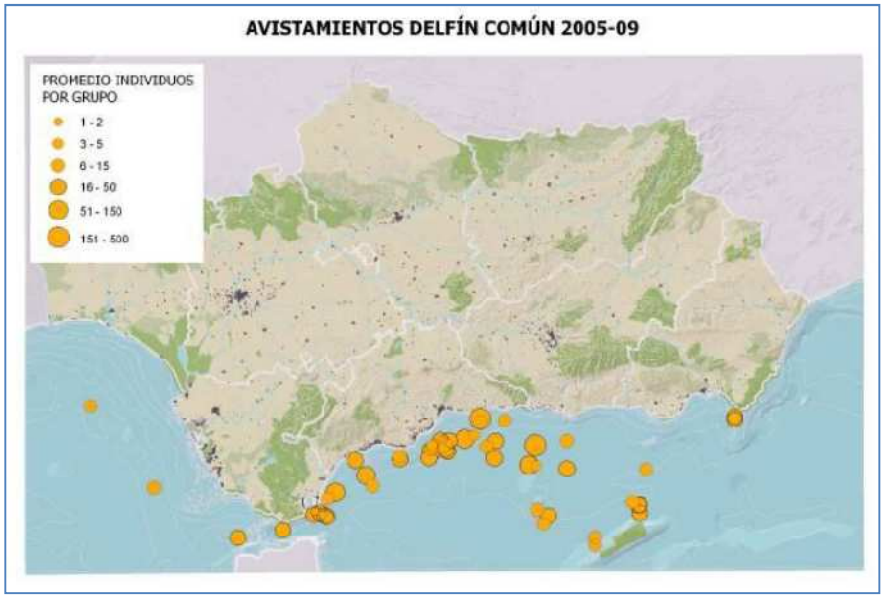
Calderón Común / *Globicephala melas*

Desde 2005 el calderón común se ha observado en todas las regiones del litoral andaluz excepto en el golfo de Cádiz, cuyo litoral de aguas poco profundas no constituye el hábitat apropiado. Su presencia en Huelva es meramente casual. La UICN la cataloga como insuficientemente conocida, y en Catálogo Español y Andaluz aparece como De interés especial. Incluido en la Directiva Hábitat (Anexo IV), Convenio de Especies Migratorias (Apéndice I y II), Berna (Apéndice II y III) y Unclos (Anexo I).

El calderón común, es una especie altamente sensible a los sonidos de origen antropogénico (como los utilizados en prospecciones geológicas, sísmicas, o por los sonares), por lo que se sugiere, para el caso de todas esta especies, prestar especial atención y controlar todos aquellos trabajos submarinos que puedan ocasionar una gran perturbación acústica. Presente como especie amenazada en el tratado ACCOBAMS.

Delfín común / *Delphinus deiphis*

Aproximadamente 28,8 avistamientos/ año en la costa de Huelva. La UICN evaluó en 2008 esta especie como de Preocupación Menor debido a su gran abundancia a nivel global, aunque admitía la existencia de ciertas amenazas a escala local sobre algunas poblaciones. La población atlántica está catalogada como de interés especial en el Catálogo español y andaluz de especies amenazadas. Presente en el tratado ACCOBAMS. Se incluye en la Directiva Hábitats, en el Convenio de Especies Migratorias, en Berna y Unclos.



Como se observa en la figura, los avistamientos en la zona de nuestro proyecto no son de importancia, agrupándose en su mayoría en las costas de Málaga, Cádiz y Granada.

Figura 38: Avistamientos delfín común 2005-09.

Delfín listado / *Stenella coeruleoalba*

6,8 avistamientos en un año. La IUCN cataloga al delfín listado como de Preocupación Menor debido fundamentalmente a las estimas de su población mundial (por encima de 2 millones de individuos), aunque reconoce evidencias de muertes en muchas regiones del mundo. Se trata de la especie más abundante del Mediterráneo. En el Catálogo Español y Andaluz de especies amenazadas aparece como de interés especial.

Al igual que el delfín común, no tiene mucha importancia en la costa onubense, y tampoco un grado elevado de amenaza.

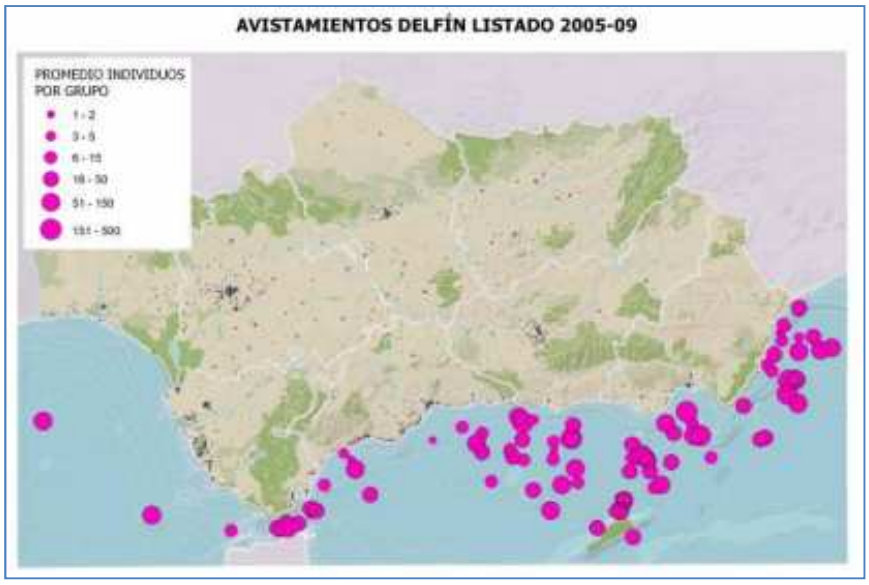
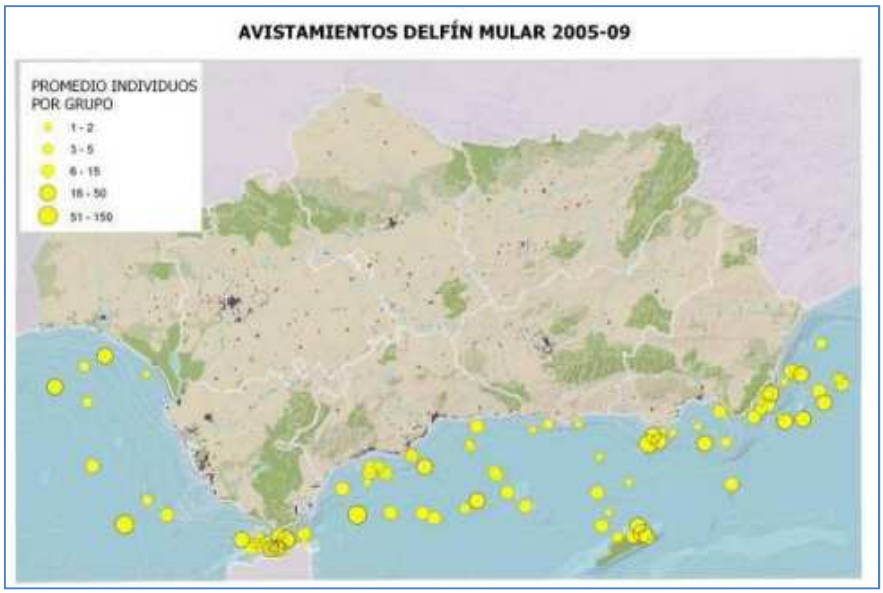


Figura 39: Avistamientos delfín listado 2005-09.

Delfín mular / *Tursiops truncatus*

54, 2 avistamientos al año. La UICN catalogó en 2008 esta especie como de Preocupación Menor. Sin embargo, a Nivel europeo la Directiva Hábitat considera la especie de interés comunitario, para cuya conservación es necesario designar Zonas Especiales de Conservación (ZEC). En los Catálogos Español y Andaluz aparece como vulnerable. Presente en el tratado ACCOBAMS.



De todas las especies vistas de delfines esta es la que deberíamos de darle mayor importancia. Es una especie vulnerable, con un número de avistamientos considerable que debe ser tenida en cuenta.

Figura 40: Avistamientos delfín mular 2005-09.

Marsopa común / *Phocoena phocoena*

3,4 avistamientos al año aproximadamente.

La UICN considera esta especie a nivel global dentro de la categoría De Preocupación Menor, debido al gran tamaño de la población mundial, que se considera compuesta por unos 700.000 ejemplares. No obstante, la propia UICN admite el declive de ciertas poblaciones que han provocado la implementación de planes de conservación para la especie. Es lo que ocurre en Europa, donde la Directiva Hábitat la considerada como de interés comunitario para cuya conservación es necesario designar Zonas Especiales de Conservación (ZEC). Según el catálogo de especies amenazadas Español y Andaluz la especie está catalogada como vulnerable. Presente en el tratado ACCOBAMS.

Figura 41: Varamientos Marsopa 2008-09.

Aparece en la Directiva Hábitats (Anexo II y IV), Convenio de Especies Migratorias (Apéndice I y II), Berna (Apéndice II y III) y Unclos (Anexo I)

A diferencia de otras especies, al tratarse de una especie muy costera, la marsopa está más expuesta a fuentes de contaminación en el litoral, como la contaminación química. Según algunos estudios, los cetáceos de pequeño tamaño parece que tienen menos capacidad para metabolizar diferentes agentes químicos (PCBs, organoclorados, etc.), acumulando parte de ellos en tejidos como la piel. Por encima de ciertos valores puede actuar como inmunosupresor del organismo y que aparezcan efectos perjudiciales para el animal. Por lo tanto, la presencia de grandes industrias químicas en la ría de Huelva puede agravar la situación de esta población de cetáceos. (Junta de andalucia, 2011 ;Alonso B. et Al, 1998;. Informe anual 2009 del medio marino, Tratado ACCOBAMS, Inventario de los cetáceos de las aguas atlánticas peninsulares)

Como explicamos en apartados anteriores, los cetáceos pueden verse afectados por el ruido provocado por el parque en su funcionamiento y construcción y por electromagnetismo. El rango de frecuencia del ruido de instalación de los pilotes para sentar las bases en el fondo del mar, así como el provocado por las embarcaciones puede afectar a los delfines a la hora de comunicarse y orientarse. Los delfines y demás cetáceos usan eco-localización para navegar, encontrar comida y evitar a los depredadores, la interferencia del ruido industrial puede afectar a su salud y a su capacidad para reproducirse. (edie,2011).

Para hacernos una idea, un análisis hecho con hidrófono muestra el impacto acústico provocado por los mercantes en las rutas más frecuentes de navegación y, por el otro, el elevado ruido que provocan. Las dos rutas características en la zona estudiada son el estrecho de Gibraltar y la que pasa por el cabo San Vicente, que utilizan los mercantes que van y vienen del norte de Europa. En estas zonas se ha determinado un impacto acústico superior al 80% del total del tiempo grabado.

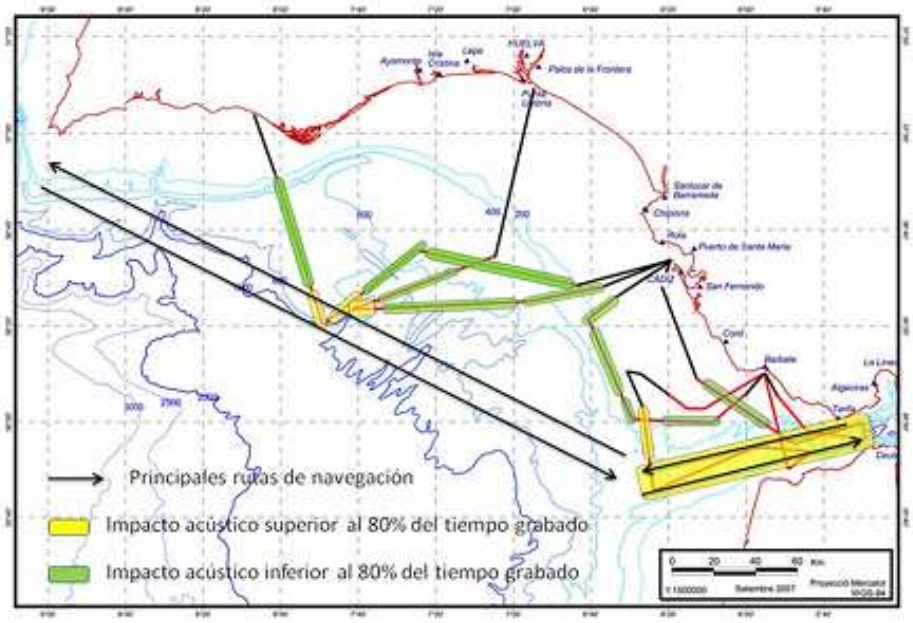

Principales rutas de navegación
Impacto acústico superior al 80% del tiempo grabado
Impacto acústico inferior al 80% del tiempo grabado

Figura 42: Ruido producido por rutas marítimas.

En cuanto a los campos magnéticos que emanan de los cables de transmisión de la energía, con el aislamiento adecuado de los mismos y su enterramiento a una profundidad adecuada (1m) se hace similar al magnetismo terrestre y no resulta perjudicial. (Fundación para la conservación y recuperación de animales marinos, informe de Cádiz)

En 2009 se dio un caso de siete cachalotes muertos en una playa italiana por contaminación química y electromagnética.

Peces

Los efectos negativos de un parque eólico en los peces se reduce al electromagnetismo, puesto que la pérdida de hábitat es sólo durante la fase de construcción, dando paso después a incluso un incremento en su número por la introducción de nuevo sustrato.

El caso más importante es el de los elasmobranquios, principales afectados por las radiaciones electromagnéticas. Los elasmobranquios conforman una subclase dentro de los peces cartilaginosos o condrictios. Comprende, entre otros, los tiburones y las rayas. Poseen unos órganos sensoriales especiales, llamados ampollas de Lorenzini, que proveen a los elasmobranquios de un "sexto sentido" capaz de detectar tanto campos electromagnéticos como gradientes de temperatura. Las ampollas detectan campos eléctricos en el agua, o más precisamente la diferencia entre el voltaje en el poro y el voltaje en la base del electrorreceptor. Los tiburones podrían ser más sensitivos a los campos eléctricos que cualquier otro animal, con un umbral de sensibilidad tan bajo como 5 nV/cm. Los campos eléctricos producidos por las corrientes oceánicas son del mismo orden de magnitud que los campos eléctricos que los tiburones y rayas son capaces de sentir. De esta manera, se pueden orientar por las corrientes oceánicas, y usar otras fuentes de campos eléctricos en el océano para su orientación local. *(Carl G et Al, 2005).*

A continuación se enumeran las especies de la costa de Huelva que podrían tener en este caso un mayor interés en nuestro estudio, es decir, elasmobranquios, especies amenazadas y especies con valor comercial. Antes de ello, se explicarán brevemente los Convenios internacionales a los que están sujetos las especies que aparecen.

- ✓ **OSPAR** : Convenio sobre la protección del medio marítimo del Nordeste Atlántico. El Convenio OSPAR entró en vigor en 1998, por lo que, a partir de esa fecha, su articulado es de obligado cumplimiento para las Partes Contratantes: Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Irlanda, Islandia, Luxemburgo, Holanda, Noruega, Portugal, España, Suecia, Suiza, Reino Unido y la Comunidad Europea. Las partes contratantes de este convenio se reúnen cada año, y cada cinco años tiene lugar una reunión ministerial de las partes. EN cumplimiento de su Anexo V, la Comisión OSPAR adoptó en el año 2004 una lista inicial de especies y de hábitats amenazados o en declive para el Atlántico, que contiene una lista oficial de hábitats. Huelva pertenece a la región número 5. Las áreas afectadas por el Convenio OSPAR aparecen en el siguiente mapa. (Ospar, 2011); mma,2011; Estudio estratégico ambiental, 2008)

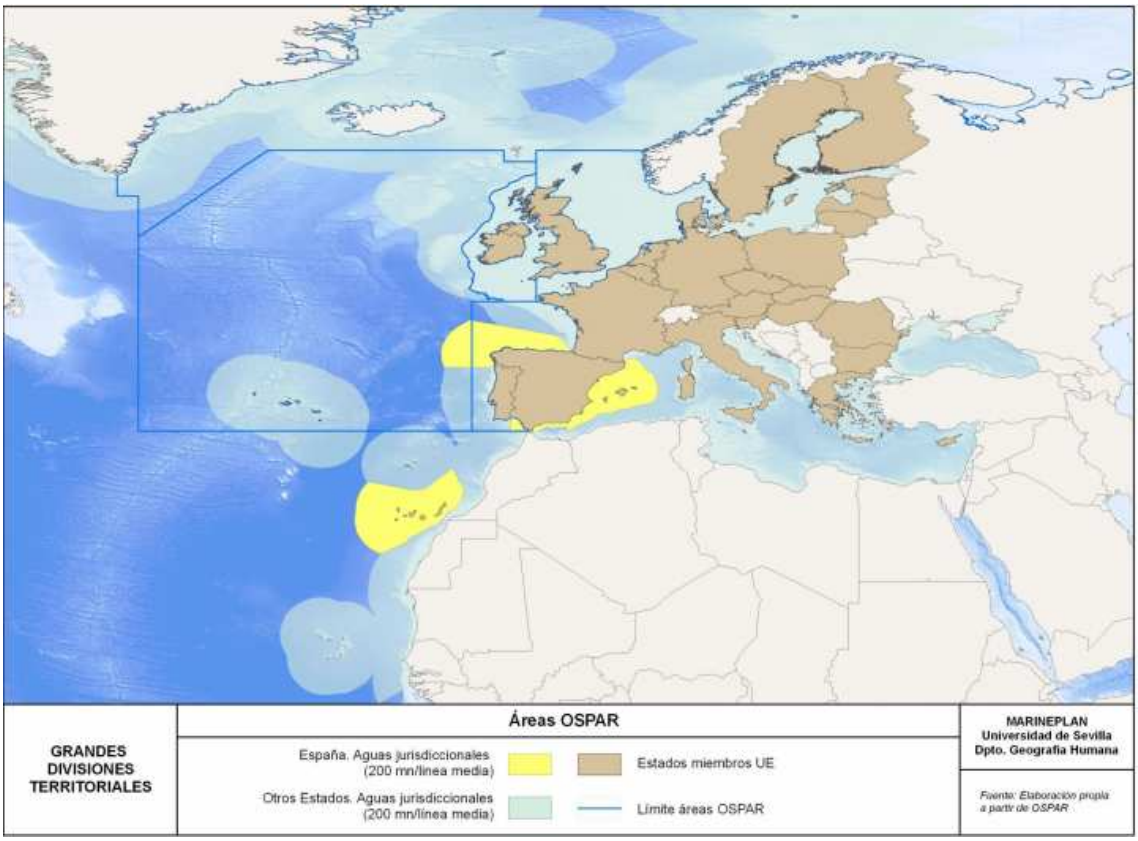


Figura 43: Áreas OSPAR

- ✓ **BARCOM** : Convenio de Barcelona para la Protección del mar Mediterráneo. En 1976, se creó el "Convenio para la Protección del mar Mediterráneo contra la Contaminación" (también conocido como BARCON) como tratado regional con el fin de evitar y reducir la contaminación procedente de buques, aviones y fuentes con base terrestre en el mar Mediterráneo. El Convenio se modificó de manera significativa en 1995 y cambió el nombre por: Convenio para la Protección del Medio Marino y la Región Costera del Mediterráneo.

- ✓ **UNCLOS :** Convenio de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. En el Anexo I del UNCLOS figura una lista de especies que se consideran altamente migratorias de acuerdo con los Artículos 63 y 64. Las naciones pesqueras están obligadas a asegurar la conservación de las especies que aparecen en esta lista,tanto a través de una cooperación directa como mediante el establecimiento de organizaciones internacionales.

- ✓ **CITES :** Convenio sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. En su apéndice I enumeran una serie de especies de las cuales se prohíbe su comercialización, y en su apéndice II se regula el comercio de otras especies.

- ✓ **DIRECTIVA HÁBITATS**: La Directiva Hábitats es el instrumento legal clave de la Unión Europea para proteger a las especies amenazadas y, en principio, enumera los hábitats y las especies que necesitan protección. Las especies pueden ser incluidas en tres anexos diferentes de la directiva. Las especies del Anexo II son aquellas cuyos hábitats naturales deben ser protegidos por los Estados miembros como "zonas especiales de conservación". En segundo lugar, el Anexo IV detalla una lista de "especies de interés comunitario", que necesitan una protección estricta. Finalmente, en el Anexo V se detalla una lista de "especies de interés comunitario cuya captura en la naturaleza y explotación pueden verse sometidas a medidas de gestión".

- ✓ **UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA (UICN):** La Lista Roja promueve la protección de especies y crea un inventario sobre el estado de las especies de flora y fauna, que clasifica en nueve categorías. Esta evaluación se lleva a cabo por especialistas reconocidos mundialmente y es un referente en el estado de conservación de las especies. Sin embargo, no tiene carácter legislativo. Por ello no puede establecer restricciones o medidas de carácter vinculante, aunque gracias a su reconocimiento internacional los Estados adoptan en algunas ocasiones parte de sus catalogaciones para asumirlas en las legislaciones nacionales.

Seguidamente haremos un inventario de las especies de importancia y su pertenencia a Convenios y categorías de amenaza:

Cazón *(Galeorhinus galeus)*

Elasmobranquio catalogado como vulnerable por la UICN. En 2010, Greenpeace España añadió al cazón a su lista roja. De alto valor gastronómico en España. Lista roja de especies pesqueras de Greenpeace para España

Protegido por Barcom (Convenio de Barcelona, Anexo III): Lista de especies cuya explotación debe estar regulada. (Este convenio es para el Mediterráneo, pero la proximidad e influencias en el golfo de Cádiz requieren su mención) y Unclos (United Nations Convention on the Law Of the Sea, Anexo I) Anexo I: Especies altamente migratorias.

Pintarroja *(Scyliorhinus canicula)*

Elasmobranquio no amenazado.

Caballito de mar (*Hippocampus hippocampus*)

Protegido por la convención CITES, en su apéndice II (Apéndice I: listado de especies cuyo comercio internacional está prohibido/ Apéndice II: listado de especies). En la lista roja aparece catalogado como vulnerable. OSPAR (Reg. IV), el golfo de Cádiz se encuentra incluido en la región IV donde esta especie está en riesgo.

Tiburón peregrino *(Cetorhinus maximus)*

Elasmobranquio catalogado como vulnerable por la UICN.

Templon *(Torpedo marmorata)*

Elasmobranquio, catalogado como datos insuficientes por la UICN.

Raja clavata

Elasmobranquio rajiforme catalogado en la lista roja como casi amenazado, e incluido en las zonas OSPAR de riesgo.

Rayo latigo común (*Dasyatis pastinaca*)

Elasmobranquio rajiforme no amenazado.

Esturión del atlántico *(Acipenser naccarii)*

Catalogado por la UICN como en peligro crítico. Actualmente ha desaparecido, aunque se pescó un ejemplar en 2010 desde 1976.

Atún común *(Thunnus thynnus)*

En peligro critico por la UICN. El atún rojo es la base de una de las pesquerías más lucrativas del mundo. La Comisión Internacional de Conservación de los Atunes Atlánticos (ICCAT) afirmó en Octubre de 2009 que el stock de atún rojo ha descendido dramáticamente, hasta el 72% en la costa atlántica oriental y un 82% en la costa occidental. El 16 de octubre de 2009 en Mónaco se declara al atún rojo en peligro de extinción. En 2010 los ministros europeos, en especial el ministro francés de ecología defendieron que se ponga un límite internacional a las capturas.

Aparece en OSPAR, Barcom (Anexo III) y Unclos (Anexo I). (Jolly D, 2010**)**

Pez espada *(Xiphias gladius)*

Catalogada como datos insuficientes por la UICN e incluida en Barcom (Anexo III) y Unclos (Anexo I). (iucnredlist, 2011)

Tortugas

En la costa onubense sólo tenemos constancia de paso de la **tortuga boba** (Caretta caretta).

En el mapa se muestra la distribución de los varamientos de tortuga boba durante el 2009. En él se puede observar la gran diferencia en el número de casos entre la zona mediterránea y la zona atlántica del litoral andaluz, apareciendo mayor número de casos en esta última.

Figura 44: En rojo, varamientos de tortuga Boba 2008-09.

Una de las mayores amenazas para las tortugas bobas consiste en su captura accidental, principalmente en el palangre de superficie. La ingestión de plásticos y de otros tóxicos puede jugar un papel importante en las causas de varamiento y/o muerte de los individuos de esta especie, así como la colisión con embarcaciones.

Se encuentra en la Directiva Hábitat, en sus anexos II y IV, protegida por el Convenio de Especies Migratorias (Apéndice I: Especies migratorias en peligro), Barcom (Anexo II: Listado de especies en peligro o amenazadas), y aparece en la Lista Roja española y andaluza como en peligro de extinción.

Bentos

Los organismos bentónicos se agrupan en conjuntos que se relacionan directamente con unas condiciones ecológicas determinadas, más o menos constantes, en un nivel del fondo concreto y que van a caracterizar lo que conocemos como piso. La zonación o división del bentos en pisos, es la mejor manera de comprender la vida en los fondos del litoral suratlántico y trasladable a todos los océanos. Nombraremos todos los pisos pero haremos especial hincapié en el que nos interesa.

Por encima de la pleamar máxima, únicamente sumergida ocasionalmente, existe una franja conocida como **piso supralitoral** limitada en su nivel superior por las comunidades vegetales estrictamente terrestres.

Dos veces cada 24 horas aproximadamente, sube y baja la marea limitando en su subida y en su bajada una franja costera denominada **piso intermareal** o mesolitoral.

Por debajo del nivel de bajamar máxima aparecen los primeros organismos que necesitan inmersión permanente y son los que delimitan, en su margen superior, al **piso infralitoral**. Su margen inferior se sitúa donde el nivel de luz se hace tan bajo que no permite el desarrollo de

algas fotófilas, por tanto su amplitud dependerá de la claridad del agua en cada lugar. En Huelva, caracterizada por aguas de baja visibilidad, esta franja suele ser de pocos metros de profundidad. Las comunidades vegetales de Zostera se encuentran en este piso, y hablaremos sobre ellas en un apartado posterior.

Los fondos rocosos próximos a la costa en el piso infralitoral son escasos, exceptuando los del río Piedras a la altura del Portil y algunos roquedos en mar abierto frente al puerto del Terrón. La fauna bentónica que podemos encontrar en estos roquedos será similar a la que puede asentarse en las bases de los molinos. Podemos encontrar, en su superficie distintas algas (Cystoseira, Padina, Fucus, Sargassum) y anemonas (Anemonia). Las paredes verticales y grietas están pobladas de esponjas (Cliona, Axinella, Dysidea, etc.), gorgonias (Euniella) que aparecen desde 5 metros de profundidad. También veremos corales incrustantes (Corynactys), poliquetos filtradores tubícolas (Spirographis), moluscos bivalvos (Lima), briozoos como la cidra (Zoobothryon) y la Bugula que a veces aparecen de forma masiva, y ascidias (Clavellina). Por entre todas estas poblaciones fijas al sustrato, demabula toda una fauna errante, platelmintos o planarias (Prostheceraeus), anélidos poliquetos (Marphysa), moluscos gasterópodos como el tritón (Triton) y la nasa (Nassarius) opistobranquios o babosas de mar (Polycera, Cromodoris, Godiva), Crustáceos como camarones, cangrejos peludos y cangrejos ermitaños, estrellas de mar (Echinaster) y erizos (Sphaerechinus).

Alejándonos mar adentro volvemos a encontrar fondos rocosos a una distancia media de la costa de 5 millas y a una profundidad de 20 metros, aquí las condiciones físico- químicas son más uniformes que en las aguas someras, sobre todo en cuanto a luz y temperatura. Además de las especies ya mencionadas, encontramos otras más sensibles a las variaciones ambientales que tienen aquí su hábitat, por ser éste más sensible. Aparecen corales blandos (Alcyonium), duros e incrustantes (Caryophyllia), y gorgonias a modo de arbustos sobre las rocas formando a veces auténticos bosques ya que el bajo nivel de luz les permite fijarse en el interior de las oquedades. En las grietas es fácil encontrar langostas (Palinurus) y en cuevas con fondos de arena bogavantes (Homarus), ocasionalmente compartidas con congrios.

Si nos alejamos aún más de la costa, dejando estos fondos rocosos entramos en una planicie areno-fangosa donde aparece alguna pluma de mar (Pennatula), volviendo a encontrar fondos de roca a una profundidad de más de 40 metros, estaremos a más de 8 millas. Esta profundidad, distancia a la costa, las corrientes y la gran turbidez de nuestras aguas, condicionan la observación directa del fondo. Aparecen a nuestra vista esponjas de gran tamaño (Axinella), grandes corales duros ramificados (Dendrophyllia) a veces de más de un metro de altura, que son junto con la gorgonia roja (Paramuricea) las especies de invertebrados más representativas de esta profundidad. Oceana, Doñana y el golfo de Cádiz, Huelva desde el océano.

Con la construcción de nuestro parque, se pierde el hábitat de estas especies al mismo tiempo que cambian las corrientes inmediatamente cercanas a la turbina, provocando una erosión de los sedimentos del fondo y el desplazamiento del bentos. Estos efectos son temporales, puesto que al poco tiempo, el territorio vuelve a ser colonizado incluso por especies no propias del fondo, y que encuentran soporte en las bases de las turbinas. No hay estudios sobre los efectos que puede tener el ruido y las radiaciones electromagnéticas sobre este tipo de fauna. (Huelva desde el Océano)

Aves

Para ver el impacto que podría tener un parque eólico marino se requeriría información a dos niveles, primero información sobre la distribución espacio-temporal de las aves a una escala regional (litoral de Huelva o Golfo de Cádiz) y segundo información sobre las trayectorias de las aves en las zonas particularmente afectadas por el proyecto de instalación.

El primer punto debe formar parte del SEA (estudio estratégico ambiental) que debe llevar a cabo la autoridad competente para establecer las áreas más sensibles en el mar (zonas de concentración de paso migratorio, zonas de alimentación…) a una escala regional. Este estudio debería abarcar las principales fases del ciclo anual (repetirse varias veces a lo largo del año) y abarcar varios ciclos anuales, para recoger la variabilidad interanual.

En cuanto al estudio de las trayectorias y los flujos de aves que atraviesan la zona prevista, es parte del Estudio de impacto ambiental que cada empresa debe llevar a cabo. El problema es realizar estos estudios en el mar, que encuentra dificultades en cuanto a logística y metodología, además de encarecerse la ejecución. (Profesor UCA)

Nos hemos encontrado con que no existe información sobre rutas migratorias de las aves marinas en la zona de Huelva ni tampoco en otras zonas del Golfo de Cádiz a la escala espacial que sería necesaria, sin embargo, intentaremos hacer una aproximación en la medida de lo posible.

En el Estudio estratégico ambiental del litoral español para la instalación de parques eólicos marinos se enumeran una serie de Convenios, Directivas, regulaciones etc. que deben ser tenidas en cuenta a la hora de localizar parques marinos. Primero enumeraremos y explicaremos brevemente cada una de ellas que resultan de aplicación, las especies marinas onubenses que se incluirían y el grado de amenaza que presentan.

Tratados internacionales de protección

Los siguientes tratados internacionales, convenios, directivas etc. aplican en nuestra zona de estudio:

- ✓ **Convenio de Berna** sobre Vida Silvestre Europea de 1979, incluye la lista de especies de flora y fauna estrictamente protegida, así como sus hábitats. Presente en la zona de estudio y perteneciente a este Convenio está la gaviota cabecinegra, el charrán patinegro y el paíño de Leach. Convenio de berna.

- ✓ **Directiva aves:** La Directiva Aves pretende la conservación a largo plazo de todas las especies de aves silvestres de la UE. Establece un régimen general para la protección y la gestión de estas especies, así como normas para su explotación, obligando a que se adopten todas las medidas necesarias para preservar, mantener o restablecer una diversidad y una superficie suficientes de hábitats para todas ellas. Se aplica tanto a las aves como a sus huevos y sus nidos. La Directiva identifica 200 especies y subespecies amenazadas que necesitan una especial atención. Los Estados miembros de la UE deben designar zonas de protección especial para ellas.

- ✓ **Ley 8/2003 de flora y fauna silvestre:** Es objeto de la presente Ley la ordenación de la protección, conservación y recuperación de la flora y la fauna silvestres y sus hábitat, así como la regulación y fomento de la caza y la pesca para la consecución de fines de carácter social, económico, científico, cultural y deportivo.(boe,2011; mma, 2011; European Commission Environment,2011;Birds Directive 2011)

Aves marinas onubenses y número de avistamientos en 2009

- ➢ **Alcatraz (Morus bassanus)** / 747

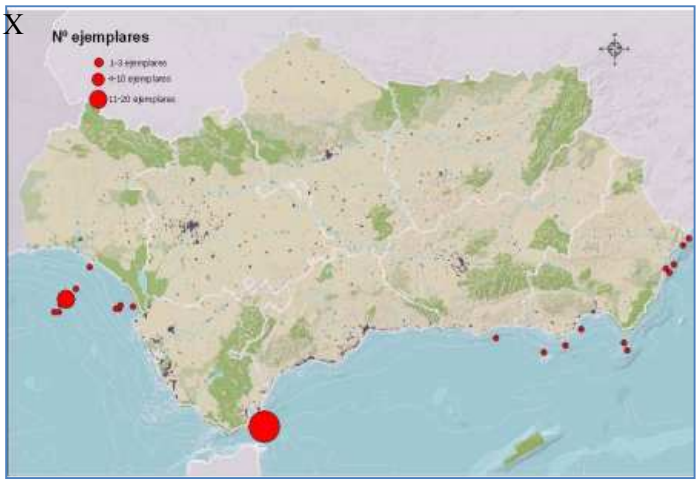
Catalogada por la IUCN como de preocupación menor**.** Los jóvenes migran con dirección al Sur a distancias importantes de las colonias de cría, llegando en ocasiones casi al Ecuador. En el segundo año de vida parte de ellos vuelven a la colonia, a la que llegan más tarde que

las aves reproductoras, para abandonarla de nuevo en dirección sur en torno al fin de la época de cría. En esta segunda migración recorren, sin embargo, distancias menores.

Los adultos, acabada la cría, se esparcen con dirección poco prefijada y se mantienen la distancias de entre 800 y 1.600 km de la zona de cría. Por ahora no hay pruebas de que cada colonia tenga una zona de invernada específica. Muchos adultos se encuentran en el oeste del Mediterráneo, al que llegan pasando sobre el estrecho de Gibraltar y evitando dentro de lo posible volar sobre tierra firme. Otros siguen la costa atlántica de África llegando incluso al golfo de Guinea. (J. Bryan Nelson, 2005)

- **Charrán patinegro (Sterna sandvicensis)** / 33

Aparece en la Directiva 79/409/CEE de Aves: Anexos I y II. Catalogo Nacional de Especies amenazadas: "De Interés Especial." Ley 8/2003: "De Interés Especial" UICN: "Con preocupación menor". Especie de hábitos costeros que se puede considerar sedentaria en Andalucía. Está presente durante todo el año, aunque las poblaciones migradoras son las más abundantes, ya que aprovechan los humedales del litoral andaluz para alimentarse durante su viaje hacia las zonas de invernada, situadas en el sur de África. Es un ave muy activa y puede confundirse en vuelo con las gaviotas.



En 2009 se tuvo constancia de colonias de más de 10 ejemplares y varias de menos número, entre 1-3 ejemplares.

Figura 45: Ejemplares de Charrán patinegro.

- **Cormorán grande (Phalacrocorax carbo)** / 3

UICN dentro de la categoría de preocupación menor. El cormorán grande es con seguridad la especie más extendida. El cormorán grande vive en lagos y estuarios, así como en las costas, y construye su nido en acantilados o en árboles. Su tamaño alcanza hasta 90 cm de largo, y se lo puede encontrar en aguas dulces y costas de todo el mundo.

- **Gaviota cabecinegra (Larus melanocephalus)** / 2

Directiva 79/409/CEE de Aves: Anexos I y II, Catalogo Nacional de Especies amenazadas: "De Interés Especial". Ley 8/2003: "De Interés Especial". UICN: "Con preocupación menor".

- **Págalo grande (*Catharacta skua* o *Stercorarius skua*)** / 98

De preocupación menor por la UICN. Cría en el norte de Escocia y otras áreas insulares aún más septentrionales (Islas Feroe e Islandia). Puede vérsele fácilmente en Europa occidental en primavera y otoño, generalmente en el mar, aunque a menudo las tempestades le conducen a tierra. En invierno emigra a regiones más templadas, llegando hasta el Atlántico meridional y Sudamérica.

En España, individuos de págalo grande son vistos con frecuencia durante las épocas invernales en los mares y costas del norte y el oeste peninsular. En el Mediterráneo es bastante más escaso y raro.(Hume,2002)

- **Págalo parásito (*Stercorarius parasiticus*)** / 3

Catalogado por la UICN como de preocupación menor. Es un ave migratoria, que pasa el invierno en los mares tropicales y océanos sureños.

- **Págalo pomarino (*Stercorarius pomarinus*)** / 3
- **Págalo sp**. / 72
- **Paíño de Leach *(Oceanodroma leucorhoa)*** / 6
- **Paíño europeo (Hidrobates pelagicus)** / 93

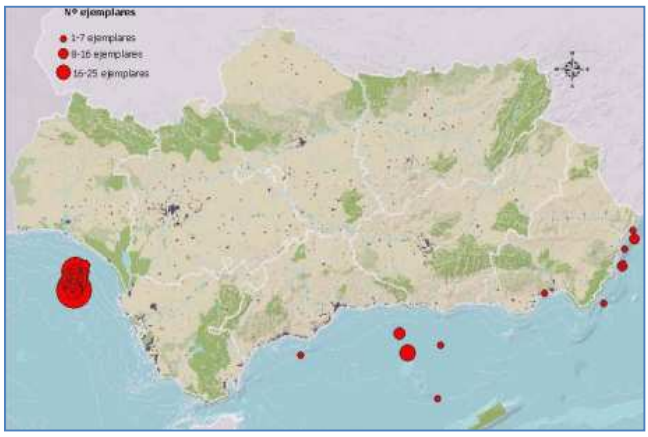
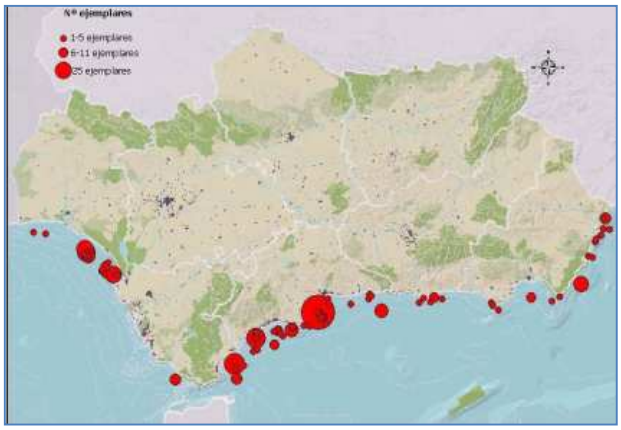


Figura 46: Ejemplares de Paíño europeo.

Directiva 79/409/CEE de Aves: "Anexos I y II". Catalogo Nacional de Especies amenazadas: "De Interés Especial". Libro Rojo los Vertebrados de Andalucía: "En Peligro de Extinción". Ley 8/2003: "De Interés Especial". UICN: "Con preocupación menor".

Sus poblaciones están muy fragmentadas y aunque ha habido intentos por diferencia 2 subespecies entre las poblaciones atlánticas y mediterráneas, parece que es una sola especie. Atlántico subtropical, Ártico y Mediterráneo. En todo el litoral español se estiman de 5000 a 8000 parejas (J.M Valera, 2007). En Andalucía la única colonia reproductora conocida se encuentra en la isla de Terreros (Almería), con 40 parejas censadas (CMA ,2009). En la costa onubense se han censado en ocasiones colonias de hasta 25 ejemplares.

- **Pardela balear - mediterránea (Puffinus mauretanicus- yelcouan**) / 50



Aunque la mayoría de los avistamientos han tenido lugar en Málaga y Almería, el número de ellos en la costa onubense son también importantes. En Huelva se localizan principalmente en Doñana.

Figura 47: Ejemplares Pardela balear.

La población reproductora de pardela balear está en las Baleares, con las mayores poblaciones en Formentera. Durante el periodo de cría y el invierno se concentra en la costa oriental de la Península. Tras la cría migra hacia el golfo de Vizcaya y costa oeste de Francia, para volver al Mediterráneo en invierno. En Andalucía ambas especies pueden verse durante todo el año, con mayor abundancia durante el periodo migratorio e invierno.

Directiva 79/409/CEE de Aves: "Anexos I y II". Catalogo Nacional de Especies amenazadas: "En Peligro de Extinción". Ley 8/2003: "De Interés Especial". UICN: "En Peligro Crítico.".

- **Pardela capirotada (*Puffinus gravis*)** / 18

Se encuentra ampliamente distribuida por todo el Océano Atlántico. Su población mundial se estima en 15 millones de individuos. Catalogada por la UICN como "preocupación menor".

- **Pardela cenicienta (Calonectris diomedea)** / 108

Especie que nidifica en las islas o acantilados del Atlántico y del Mediterráneo. En Andalucía hay un único núcleo reproductor en Almería.

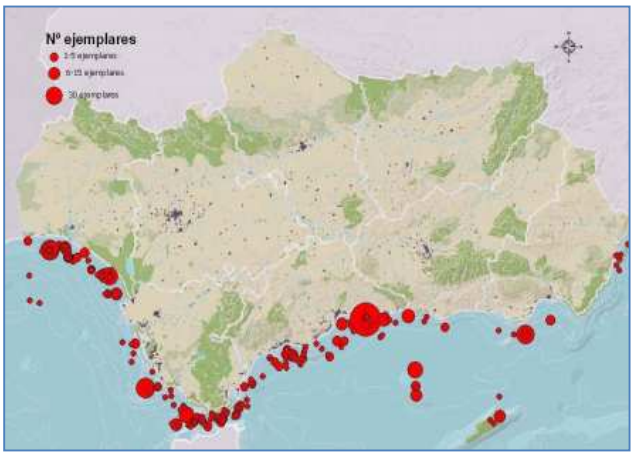


Figura 48: Ejemplares de Pardela cenicienta.

Ha sido, durante la campaña 2009, el ave de la Directiva más ampliamente registrada con un total de 438 ejemplares y observada en todas las provincias. Cádiz es la provincia con mayor número de ejemplares con un total de 128. Las observaciones han sido en vuelo, posadas en el agua y asociadas a pesqueros.

La presencia de la especie en Andalucía se ha observado desde abril a diciembre.

-Directiva 79/409/CEE de Aves: "Anexos I y II". Catalogo Nacional de Especies amenazadas: "De Interés Especial". Libro Rojo los Vertebrados de Andalucía: ".Vulnerable". Ley 8/2003: "De Interés Especial". UICN: "Con preocupación menor".

- **Serreta mediana (*Mergus serrator)*** / 1

De escasa presencia en la costa onubense con tan solo un avistamiento. Catalogada por la UICN como de preocupación menor.

Áreas importantes para las aves

Aunque no se han incluido con anterioridad, debido a que son meras propuestas, creemos importante hacer un breve apunte sobre las Áreas Importantes para las Aves (de aquí en adelante IBAs) de SEO/Birdlife.

El Programa de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (Important Bird Areas, IBA) de BirdLife International tiene como objetivos identificar y preservar aquellos lugares prioritarios para la conservación de aves y sus hábitats. Cada una de las zonas que finalmente han contado con denominación de IBA posee una ficha donde se especifica cúal es su importancia ornitológica, especies emblemáticas y posibles amenazas. En nuestra zona de estudio se localiza el Área de importancia para las aves ES403, del golfo de Cádiz que exponemos a continuación:

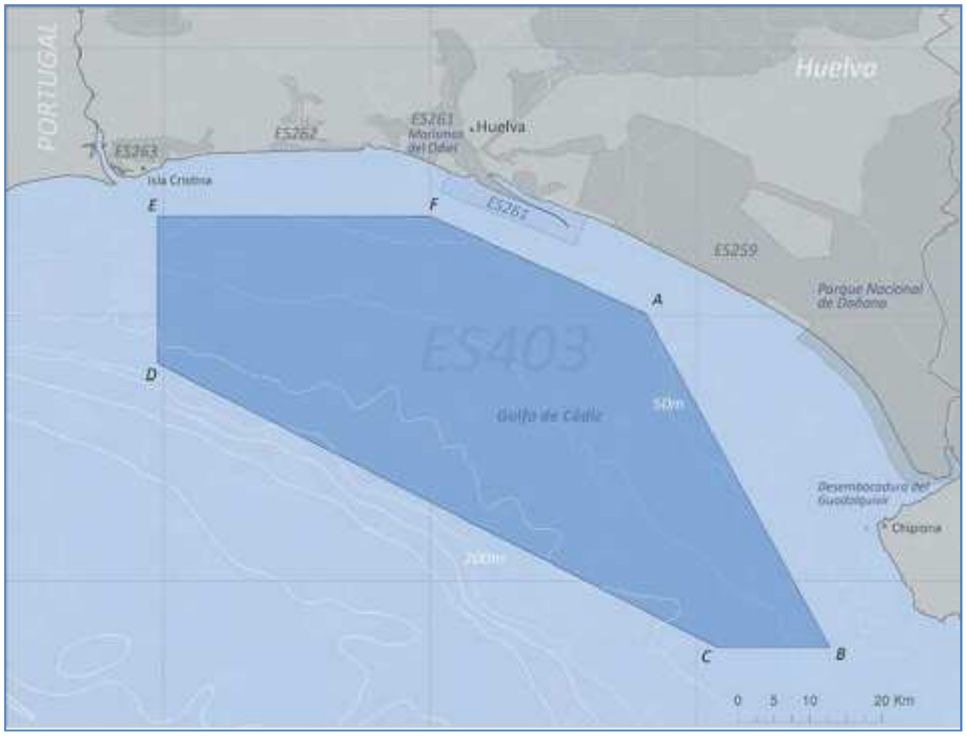


Figura 49: IBA ES403 del Golfo de Cádiz. (Seo birdlife, 2009)

Zonas de alimentación y ZEPAS

Se han identificado como zonas de alimentación y de continuo paso las Marismas del Odiel, humedales de Isla Cristina, marismas pertenecientes al sur de Huelva y las Salinas de Aragonesas y Bacuta como comederos supramareales. (Perez A, 2011)

Las ZEPAS se definen como Zonas de Especial Protección para las Aves, dentro de la Red Natura 2000. Muy importante a tener en cuenta ya que el Estudio Estratégico establece una banda de protección y amortiguación de 6 millas desde la línea de costa en torno a los humedales de importancia internacional (también clasificados como ZEPA). Para este fin presentamos un mapa de elaboración propia, con las zonas de la Red Natura 2000, ZEPIMs o Zonas de Especial Importancia para el Mediterráneo y las praderas de fanerógamas marinas para hacernos una idea de su situación, y compararla con la de nuestro parque.

Los LICs más cercanos son el LIC de Río Guadiana y Ribera del Chanza y el LIC Isla de San Bruno. En cuanto a las ZEPAS, tenemos las Marismas de Isla Cristina y las Marismas del Río Piedras y Flecha del Rompido. (juntadeandalucia.es, 2011)

En este mapa se representan las dos zonas ZEPA de Ayamonte:

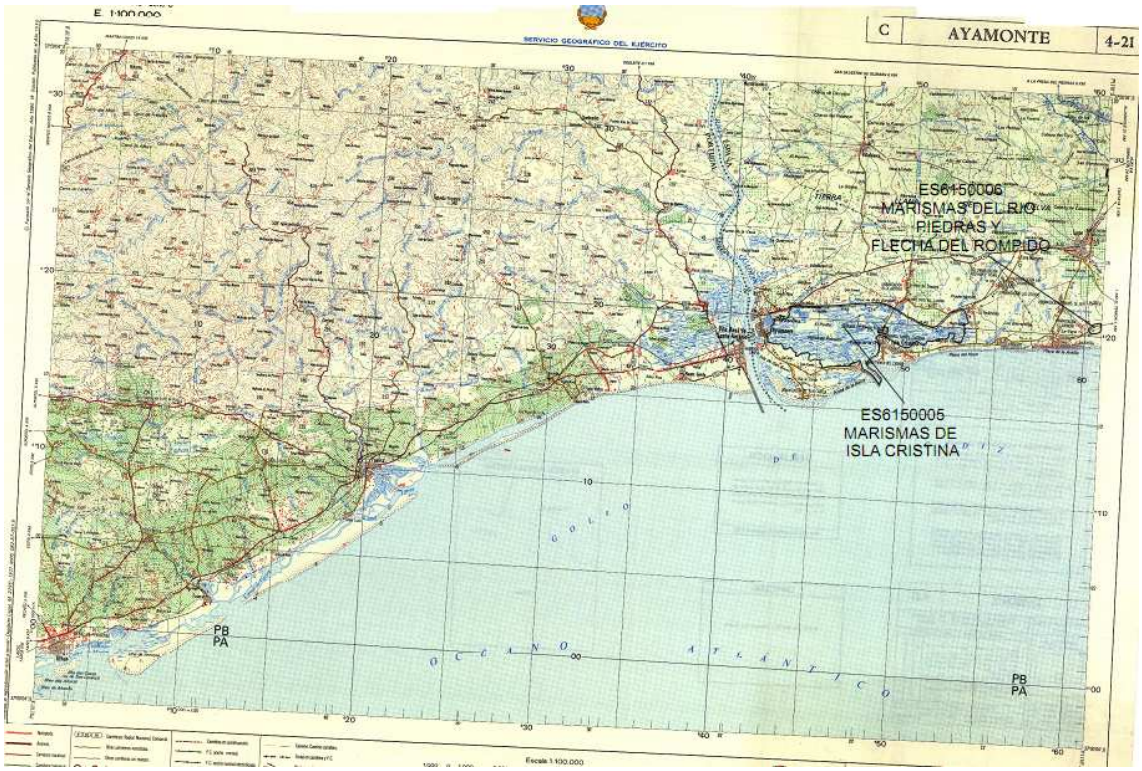


Figura 50: Zonas ZEPA de Ayamonte.

Flora

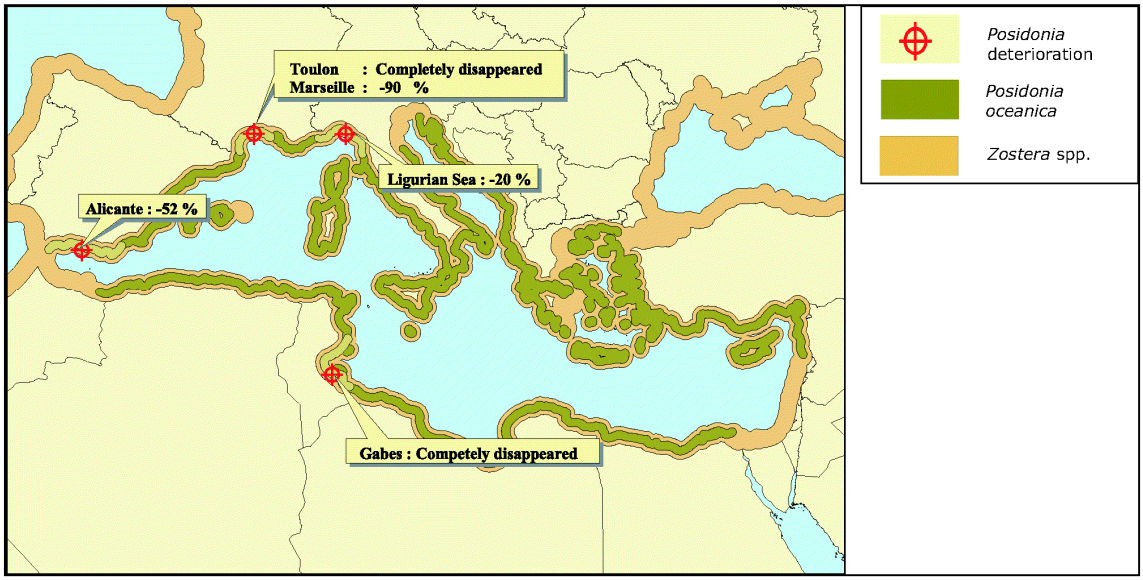


Figura 51: Distribución de las Angiospermas marinas *Posidonia oceanica* y Zostera spp. en el Mediterráneo.(EEA,2002)

Como podemos ver en la figura 51, la zona de Huelva está colonizada por praderas de fanerógamas marinas como el Género Zostera, y en este hay dos especies:

- *Zosteretum noltii* , se desarrolla en zonas intermareales sobre sustratos fangosos y en este caso se localiza por todo el litoral gaditano-onubense.
- *Zosteretum marinae,* se desarrolla también sobre fondos marinos arenosos o fangosos con cierta materia orgánica. Su área de distribución se ha visto drásticamente reducida en los últimos años hasta el punto de que en la actualidad las praderas de esta especie se pueden considerar como prácticamente desaparecidas. En la actualidad, la presencia de esta fanerógama en el litoral andaluz se reduce a pequeñas manchas aisladas y de poca entidad. Por esto ha sido propuesta por el estudio de Oceana como especie a proteger.

II. IMPACTOS A LAS ACTIVIDADES HUMANAS DE LA ZONA

Un punto clave para el desarrollo de un proyecto de una instalación eólica offshore consiste en determinar las afecciones que puede tener dicha instalación en la población a la que afecte así como los posibles impactos que pueda generar en la economía ya que de ello dependerá la conveniencia o no de la inversión. (Propuesta de una metodología para la implantación de parques eólicos offshore, 2009).

1. CONFLITO DE USOS:

Riesgo de colisión de buques y navíos y efectos sobre la navegación marítima y en la pesca comercial

Actualmente no hay rutas marítimas establecidas que conecten con cualquiera de los distintos puertos de la provincia de Huelva.

A pesar de ello, hay en marcha un proyecto que consistirá en la creación de dos rutas que conectarán el puerto de Huelva con las Islas Canarias, tanto para mercancías como para pasajeros.

La situación de estas rutas así como la navegación que llevarán a cabo los buques, no interferirán con el parque eólico, ya que la distancia entre ambos es considerablemente amplia como para que se produzcan interferencias. (Puertos de Huelva, 2011)

Los principales puertos de la provincia de Huelva se pueden observar en el siguiente mapa:

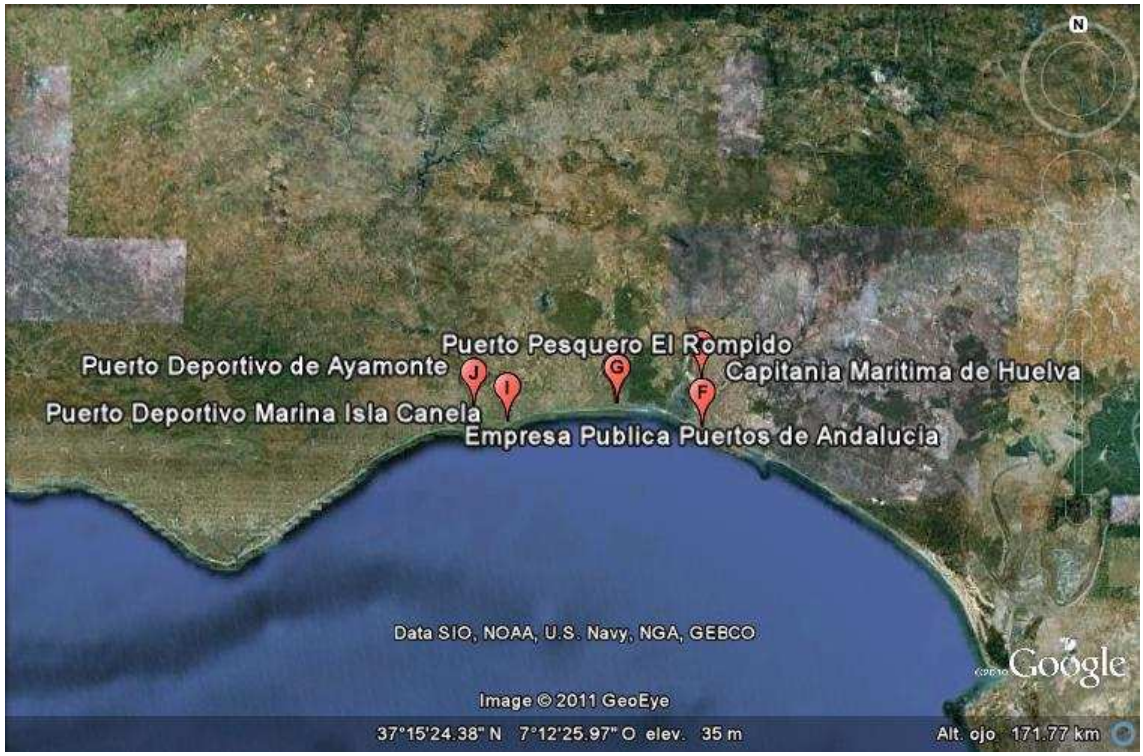


Figura 52: Puertos de la zona de Huelva.

La actividad pesquera en Huelva es una de las principales fuentes de ingresos de la población. Los caladeros costeros son explotados principalmente por las flotas de arrastre de los puertos-base más cercanos. Existen caladeros explotados conjuntamente por flotas de distintos puertos-base. Los fondos más profundos de la plataforma y la porción explotada del talud continental son frecuentados fundamentalmente por flotas de la provincia de Huelva, especializadas en las pesquerías del jurel, la gamba y la cigala.
Las artes de pesca empleadas en esta área son: Arte clásico de arrastre, Arte cadenero, Arte de boquerón (prohibido en la actualidad para la captura del boquerón) y Arte tangonero. (MAPA DE CALADEROS ANDALUCES DE PESCA)

Huelva cuenta con un área de navegación restringida debido a la presencia de un oleoducto y está clasificado como Zona de prohibición de fondeo y pesca de arrastre, como protección de las conducciones de petróleo. Zona señalizada por 4 boyas. Canal de 1km de ancho por 9,3 km de largo. A pesar de ello su ubicación no afecta a las instalaciones eólicas.

El impacto que se puede llegar a producir podría ser representativo ya que las embarcaciones pesqueras no podrían aproximarse a las instalaciones a una distancia mínima de seguridad.

Medidas de mitigación

Una solución que se podría adoptar sería la paralización total del parque una vez al año, coincidiendo con el cierre de la veda de las especies comerciales de mayor interés, como puede ser pesquerías del jurel, la gamba y la cigala. De esta forma, el parque estaría sin funcionamiento durante una semana y los pescadores podrían faenar en la zona.

Riesgos en plantas acuícolas:

La zona comprendida entre Ayamonte e Isla Cristina tiene gran interés para la acuicultura debido a su localización y a la presencia de afluentes ricos en nutrientes y sedimentos.

Por ello la acuicultura tiene un gran interés. A continuación se documenta en una tabla todas las plantas acuícolas presentes en la zona comprendida entre Ayamonte e Isla Cristina.

INSTALACIONES DE ACUICULTURA

CÓD. FINCA	FINCA	EMPRESA TITULAR	TÉRMINO MUNICIPAL	BASE TERRITORIAL	GRUPO DE ESPECIES	SUPERFICIE m^2
1	Finca El Dique	ACUINOVA, S.L	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces y Crustáceos	140.000
2	Salón Sta. Gadea	ESTEROS DE CANELA, S.A.	Ayamonte	Propiedad Municipal (zona deslindada)	Peces y Moluscos	480.000
3	Margen del Estero de caballo Ciego	CRUMAYA, S.C.L.	Ayamonte	Propiedad Municipal (zona deslindada)	Peces y Moluscos	185.061
4	Finca Molino El Cristo	GUADIMAR, S.A.	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces y Moluscos	160.000
5	Islote del Pinillo	TECNIFICADOS DEL MAR EL PINILLO	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces y Moluscos	578.625
6	Finca San Rafael	ESTEROS DE AYAMONTE , S.L.	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces	350.000
7	Finca Islote de Zapales	IBERICA DE MOLUSCOS, S.A.	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Moluscos	230.000
8	Isla del Pinillo	TIDELAND 2000 S.L.	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces y Moluscos	583.957
9	Isla de Salón Diego Zamora o Islote Zapales	ALDEMAR, S.A.	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Moluscos	400.500
10	Margen izda. Estero del Pinillo	ACUICULTORES DEL SUR, S.C.A.	Ayamonte	DPMT	Moluscos	80.475
11	Finca el Tambujal	MARISCOS DE ESTERO, S.A. (MARESA)	Ayamonte	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces y Crustáceos	3.000.000
12	Margen izda. del Estero de Canela	COMASUR, S.C.A	Ayamonte	DPMT	Moluscos	40.000
13	Margen dcha. Estero de Canela	MARISCOS ROSARIO DE JESUS, S.C.A.	Ayamonte	DPMT	Moluscos	32.000
14	Salinas Vista Hermosa	SALINAS VISTA HERMOSA, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces	225.556
15	Salina Pozo del Camino	CULTIVOS MARINOS DEL SUR, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces	720.000
16	Caño Tambújar	AYUNTAMIENTO DE ISLA CRISTINA	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	18.000
17	Margen izda. del Caño Canela	ACUICOLA ISLEÑA, S.C.A.	Ayamonte	DPMT	Moluscos	21.000
18	Margen dcha. Estero De Canela	ADAMAR, S.C.A.	Ayamonte	DPMT	Moluscos	27.000
19	Salinas Vista Hermosa - El Guano	SALINAS VISTA HERMOSA, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces	142.534
20	Salinas Vista Hermosa - El Puntal	SALINAS VISTA HERMOSA, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Peces	360.705
21	Cuatro Aguas	COFRADIA DE PESCADORES DE ISLA CRISTINA	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	9.000
22	Caño del Puntal	ANTONIO PUERTO MILLAN	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	2.450
23	Puente hasta la Sistia	COFRAD. PESC. ISLA CRISTINA	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	35.556
24	Islote de Matalascañas	COFRAD. PESC. ISLA CRISTINA	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	24.386
25	La Sistia	COFRAD. PESC. ISLA CRISTINA	Isla Cristina	DPMT	Moluscos	24.976
26	Fuente del Calderón	LA SISTIA, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Crustáceos	800.000
27	Marismas del río Carreras	PESCADOS Y MARISCOS LA REDONDELA, S.A.	Isla Cristina	Propiedad Privada (zona deslindada)	Crustáceos y Moluscos	50.000
28	Parcela intermareal en caño Franco	Dª JUANA SOTO HERNANDEZ	Ayamonte	DPMT	Moluscos	1.108
29	Parcela intermareal en caño Franco	D. MANUEL LÓPEZ IRALA	Ayamonte	DPMT	Moluscos	1.556
30	Parcela intermareal en caño	ANTONIO LÓPEZ SOTO	Ayamonte	DPMT	Moluscos	1.077

• La Zona HU-3 de las Marismas de los ríos Tinto y Odiel, que aunque abarca los términos de Punta Umbría, Huelva, Gibraleón, Aljaraque y Palos de la Frontera, aunque básicamente se ha limitado el estudio a los dos primeros por ser los de mayor potencial.

La posible afección del parque sería en la zona HU-1.

Medidas complementarias:

Situar el parque a una distancia prudencial de las zonas acuícolas.

Efectos sobre la Red Natura 2000 – LICs

A continuación se presenta un mapa de la provincia de Huelva donde están presentes los Lugares de Interés Comunitarios.

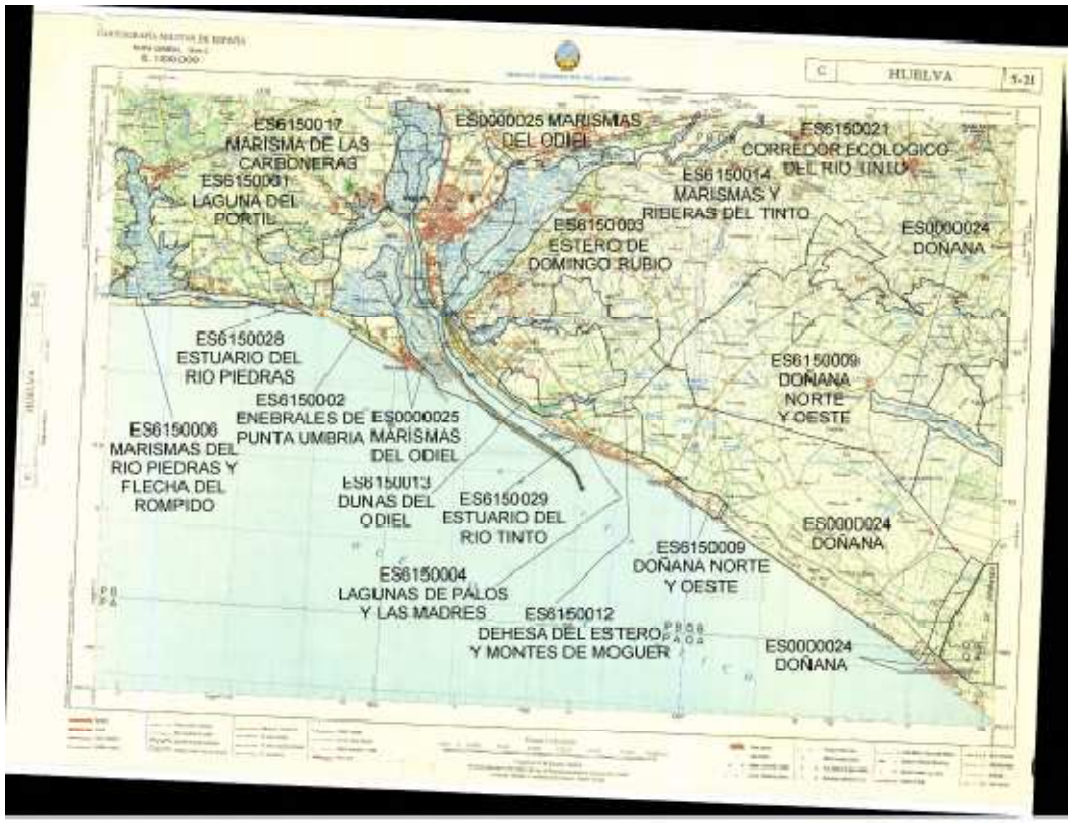


Figura 53: LICs en la provincia de Huelva. (juntadeandalucia,2011)

Los LICs próximos al emplazamiento son los siguientes:

Nombre	Código
Marismas del río Piedras y Flecha del Rompido	ES6 150006
Estuario del río Piedras	ES6 150028
Enebrales de Punta Umbría	ES6 150002
Marismas del Odiel	ES6 150025
Dunas del Odiel	ES6 150013
Estuario del Río Tinto	ES6 150029
Lagunas de Palos y las Madres	ES6 150004

Tabla: Códigos de los LICs.

Por tanto, se debe realizar una evaluación para detectar si el parque eólico puede tener un efecto significativo en cualquiera de los LICs y luego considerar si la propuesta causará perjuicio a la integridad de espacio. (Directiva Hábitat)

En Huelva no existen reservas marinas que puedan afectar al emplazamiento. (Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, 2011)

Efectos en actividades militares:

En las proximidades del emplazamiento eólico así como en las localidades de Ayamonte e Isla Cristina no existe ningún emplazamiento militar ni se realizan actividades militares que pudiesen afectar a las instalaciones. (Coronel Manuel Iríbar Arteche, Subdelegación Provincial de Huelva del Ministerio de Defensa)

Efectos en aviación y telecomunicaciones

Los aeropuertos más próximos al emplazamiento son el aeropuerto de Faro, el aeropuerto de Jerez y el aeropuerto de Sevilla.

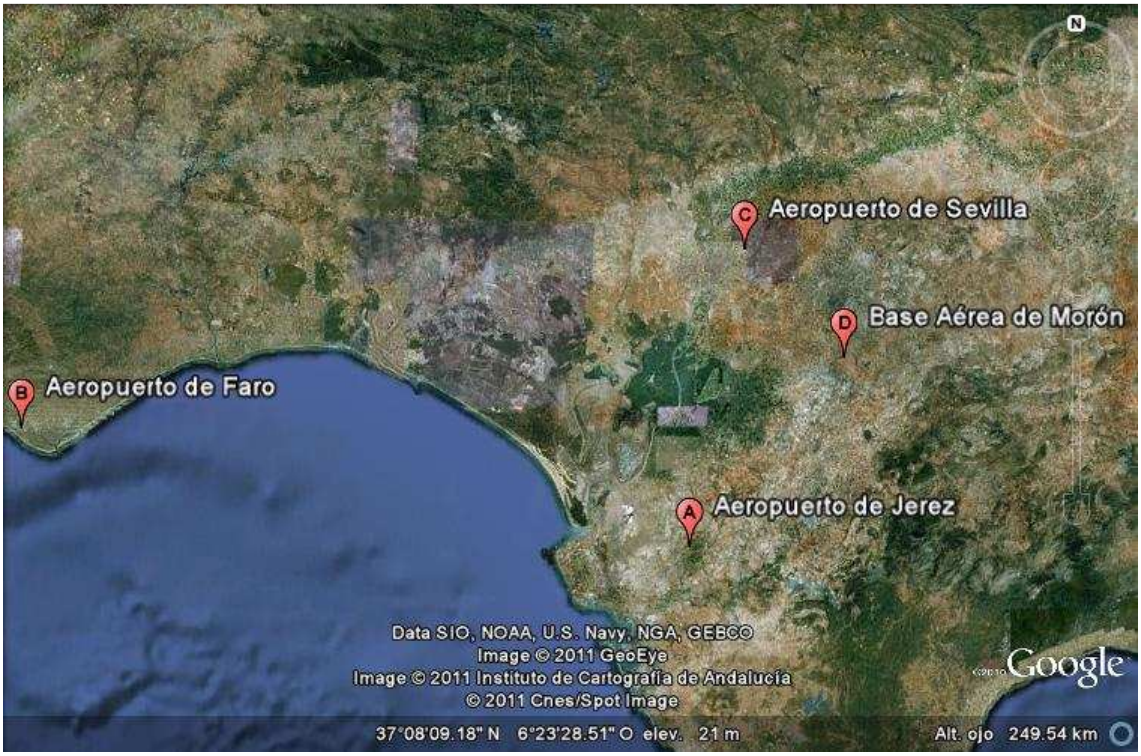

N
C Aeropuerto de Sevilla
D Base Aérea de Morón
B Aeropuerto de Faro
A Aeropuerto de Jerez
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image © 2011 GeoEye
Image © 2011 Instituto de Cartografía de Andalucía
© 2011 Cnes/Spot Image
Google
37°08'09.18" N 6°23'28.51" O elev. 21 m
Alt. ojo 249.54 km

Figura 54: Aeropuertos cercanos a la zona de estudio.

Ambos están a una distancia lo suficientemente alejada como para percibir algún tipo de interferencia producida por el parque eólico marino.

Ruido:

Es difícil definir el viento como ruidoso por ello a la hora de definir el ruido de fondo, es un factor esencial para conocer el que se produce por consecuencia de las turbinas.

Medidas de mitigación:

El método más común para hacer frente a ruido potencial es exigir una distancia mínima entre los aerogeneradores y la residencia más cercana.

Efectos en lugares de importancia arqueológica

En los fondos del litoral onubense se encuentran barcos hundidos (pecios: se estima que existen restos de pecios fenicios, griegos, romanos, árabes y medievales; constan unos 25 naufragios acaecidos entre el siglo XVI y finales del XIX) por diferentes causas, desde temporales a actividades bélicas, y están repartidos a lo largo de todo el litoral.

Entre ellos caben destacar los más conocidos por los pescadores como "El Mercante"de la barra de Ayamonte que yace en un fondo de arena a 20 metros de profundidad (Empire Warrior de bandera inglesa), bombardeado y hundido en la Segunda Guerra Mundial, y "El Barco del Carbón" que se encuentra frente a Punta Umbría a unos 40 metros de profundidad.

Debido al tiempo que llevan hundidos, se han convertido en verdaderos arrecifes de vida marina. Recubiertos por organismos sésiles y lugar de cobijo de peces como roncadores, sargos y corvinas, son también lugar predilecto de especies pelágicas que merodean por los alrededores atraídos por la exuberancia de vida que en ellos se congrega. (Huelva desde el Océano)

Figura 55: Pecios más destacados del litoral onubense. (Memoria ambiental, 2008)

2. IMPACTO VISUAL:

El paisaje es percibido como la suma de todas sus partes, hay que adoptar una postura crítica que permita determinar si la instalación eólica podría ser compatible con éste, de modo que una vez construido, no desentone en la zona ya que éste formará parte del paisaje. (Propuesta de una metodología para la implantación de parques eólicos offshore, 2009)

Pero como se ha visto, en el mapa de la ZEEA, la distancia de costa a el emplazamiento es lo suficientemente grande como para que se produzcan efectos negativos por el paisaje.

3. IMPACTOS SOCIALES:

Efectos sobre el turismo

Las localidades de Ayamonte e Isla Cristina se caracterizan por tener una tradición pesquera muy fuerte. Su situación geográfica hace del turismo un factor importante ya que muchas son las personas que acuden para disfrutar de sus playas, gastronomía y cultura. (Ayuntamiento de Ayamonte e Isla Cristina, 2011)

El uso de este tipo de energías renovables puede ser un atractivo cultural que puede ser explotado para potenciar el turismo de ambos municipios.

Efectos sobre la población

A continuación podemos ver en la tabla adjunta el número de personas (de ambos sexos) que se encuentran con empleo y aquellos que se encuentran en paro.

El hecho de ubicar el parque eólico en la costa de ambas localidades hará que el número de personas en paro disminuya ya que se fomentará el empleo local en las instalaciones.

	Población activa	Población en paro
Ayamonte	4.644	1.474
Isla Cristina	4.764	1.457

Figura 56: Población activa y en paro. (Fuente: Instituto Nacional de Estadística, 2010)

6. CONCLUSIONES

Este Proyecto Fin de Máster ha sido realizado con el objetivo de contribuir a la puesta en marcha de esta tecnología en España, y en concreto, en Andalucía, mediante el análisis de información existente, análisis de viabilidad y oportunidades y su difusión:

- La energía eólica marina va a desarrollarse significativamente en los próximos años, constituyéndose como una alternativa muy prometedora para la reducción de los gases de efecto invernadero, pudiendo ayudar a España a cumplir los objetivos establecidos de Energía Renovables para el año 2020.
- El mercado de aprovechamiento de la energía eólica en el mar es prácticamente incipiente. Pero se prevé que en pocos años se construyan estos parques en España, debido a la gran experiencia que se tiene de otros países y a la gran utilización de la energía eólica en tierra en España.
- Las oportunidades que ofrece la tecnología offshore son mayores que la onshore, debido a que hay más recurso eólico en mar que en tierra.
- La energía eólica marina supone una nueva oportunidad de negocio para que empresas diversifiquen sus actividades. Asimismo contribuirá a la generación de empleo directo e indirecto de forma proporcional con la potencia del parque.
- Se espera que la Energía Eólica Marina se desarrolle en diversas zonas de España, con más posibilidades en Huelva y Cádiz debido al mayor recurso de viento y menores restricciones de uso.

- Es necesario la creación de campañas de información y sensibilidad en Andalucía para la aceptación social de esta nueva industria.

- La energía eólica no es rentable por sí misma, por lo que necesita del apoyo de las Administraciones Públicas. De hecho, no son los países con mayor recurso eólico los que mayor potencia instalada tienen, sino aquellos con mejores apoyos a las energías renovables.

- Con la publicación del RD 1028 en el año 2007, se consigue establecer el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial. Esto junto con el Estudio Estratégico Ambiental, publicado en 2009, donde están las posibles zonas eólicas en España va a permitir el desarrollo de parques eólicos marinos en nuestro país.

- Aunque sería necesaria, aún no existe legislación ambiental detallada con los aspectos a incluir. Sin embargo, se prevé la aparición de normas especializadas en estandarización ambiental en el próximo año.

- En cuanto al tipo de cimentación, se está evolucionando hacia parques flotantes, ya que tienen menor impacto sobre el medio y se pueden poner a grandes profundidades. Aunque por el momento, este tipo de tecnología está aún en fase de I+D.

- Los factores que pueden influir y que, por tanto, se han de considerar en el diseño de una instalación eólica marina son: factores abióticos, como la geología, la calidad del agua y aire; factores bióticos, como las aves, peces, mamíferos; y factores socio-económicos, como la navegación marítima, figuras de protección, plantas acuícolas.

- En el caso del medio abiótico, son más los costes de instalación, que los posibles daños que puedan ocasionar. El impacto mayor puede ser el de excavación, el cual altera el fondo marino, perjudicando a los organismos que habitan ahí.

- En el caso del medio biótico, se concluye que con una adecuada ubicación, no tiene por qué existir una alta tasa de colisiones de aves con los aerogeneradores. Igualmente para el bentos, aunque existe una destrucción de hábitat en el momento de la construcción y cimentación, esta es solo a corto plazo. La profundidad a la que se construye el parque hace que no tenga efecto sobre las comunidades vegetales. En cuanto al electromagnetismo en cetáceos y peces, aunque se sabe que tiene efectos de pérdida de orientación sobre éstos no está demostrado científicamente.

- Evaluando los impactos socio-económicos se puede decir que ningún impacto negativo es significativo para que no se llegue a realizar la instalación del parque eólico marino y si se puede destacar que como impacto positivo está la generación de puestos de trabajo tanto directos como indirectos.

- Después de evaluar las posibles opciones, podemos concluir que las costas de Ayamonte e Isla Cristina son las más propicias para la construcción de un parque eólico marino en la provincia de Huelva.

- Debido a las características de las zonas seleccionadas, la tecnología que se debe emplear es del tipo flotante ya que la corteza oceánica se encuentra a más de 50m de profundidad y sería elevadamente costoso fijar una turbina al fondo.

- Actualmente en el mundo no existe ningún parque eólico marino flotante por lo que España puede ser pionera en el uso de este tipo de instalaciones para la generación de energía eléctrica a partir de la energía eólica. Concretamente Andalucía, por sus buenas

condiciones climáticas para las tareas de instalación y mantenimiento se convierten en una opción muy atractiva.

- Ayamonte e Isla Cristina podrían utilizarse como zona de experimentación de este nuevo tipo de tecnologías, constituyéndose como centro neurálgico de este tipo de desarrollo en España.

- En cuanto a los impactos en Huelva, no se ha visto que ninguno fuera significativo, más bien serían positivos, porque aumentaría el empleo y se conseguirían los objetivos esperados para el año 2020 de utilización de energías renovables.

- Hoy en día no se dispone de ninguna guía o documento que permita realizar una evaluación de impacto ambiental exclusiva de parques eólicos marinos, por eso este proyecto intenta ser un inicio para esta evaluación.

  La creación de una Consultora especializada en la Evaluación de Impacto Ambiental de Parques Eólicos Marinos es un ejemplo de oportunidad de negocio en "Ingeniería y Gestión Ambiental" asociada a esta naciente industria.

7. REFERENCIAS

- Agencia Andaluza de la Energía(2008) "Estudio sobre el potencial de energías marinas en el litoral andaluz"

- Aguilar Vila, Àlex (1997) Inventario de los cetáceos de las aguas atlánticas peninsulares: aplicación de la directiva 92/43/CEE.

- Airicole(2003) Utgrunden off-shore wind farm. Measurements of underwater noise.

- Anatec (2005). Beatrice Windfarm – Phase 1 Ship Collision Study. Prepared by Anatec UK Ltd. on behalf of Talisman Energy (UK) Limited. June 2005. Report No. A1385-TE-CR-1.

- Andres R. Henderson et al. (2002) Offshore Wind in Europe

- Ann Vikkelsø (2003) Proyecto The Middelgrunden Offshore Wind Farm

- Andersen, Peter. (2000). Environmental Impact Assessment on Water Quality. Web Horns Rev.

- Bilgili M. et Al, (2011) Offshore wind power development in Europe and its comparison with onshore counterpart

- Bobo, Alonso (1998) Huelva desde el océano.

- BOE (2007). "Real Decreto 1028/2007, de 20 de julio, por el que se establece el procedimiento administrativo para la tramitación de las solicitudes de autorización de instalaciones de generación eléctrica en el mar territorial". Publicación oficial en el Boletín del Estado, 183, pp.33.171-33.179.

- Boletín IDEA-PUCP (2009) Evaluación de Impacto Ambiental

- Buforn, E. y A. Udías (2003)"Mecanismos focales de terremotos en España".

- Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, Localización de zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura marina
- CENER (2011) http://www.cener.com Centro Nacional de Energías Renovables
- Vattenfall Jette Kjar et al. (2006) Danish Offshore Wind. Key Environmental Issues
- Dresselhaus MS, Thomas IL.(2001) Alternative energy technologies. Nature 2001;414(6861):332–7.
- de Vries E.(2008) 40,000 MWby 2020: building offshore wind in Europe. Renewable Energy World 2008;36–47.
- Elsam Engineering (2004) The Danish Offshore Wind Farm Demonstration Project: Horns Rev and Nysted Offshore Wind Farms, Review Report).
- Emerging Energy Research(2008) ."Global Offshore Wind Energy Markets and Strategies, 2008-2020". Documento técnico, 198 pp.
- European Environment Agency (2009) Europe's onshore and offshore wind energy potential
- EWEA. European (2009) http://www.ewea.org/ Wind Energy Association
- G. Berrios, A. Rivarola, A. P. Arena (2009) Evaluación comparativa de turbinas eólicas de gran potencia empleando metodología de análisis de ciclo de vida.
- Ghoniem, Ahmed F. (2010) "Needs, resources and climate change: Clean and efficient conversion technologies"
- Hume and Rob (2002) Guia de campo de las aves de España y Europa.
- IDEA (2010). www.idae.es "Eólica marina"
- IEA. (2007)IEA energy security and climate policy: assessing interactions. Paris, France: International Energy Agency, OECD; 2007, Available from: www.iea.org.
- Instituto Hidrográfico de la Marina (2011) www.armada.mde.es
- I/S Elsam (2000) Horns Rev Offshore Wind Farm. Environmental Impact Assessment. Summary of EIA Report.
- Jan Weinzettel, Marte Reenaas, Christian Solli, Edgar G. Hertwich (2008) Life cycle assessment of a floating offshore wind turbine
- Junta de Andalucia(2011) www.juntadeandalucia.es/medioambiente/natura/lic_mapas/lic5_21.pdf
- Karen Edelvang (1999) Horns Rev wind power plant: Environmental impact assessment of hydrography. DHI Water and Environment.
- Klaustrup, Maks. (2006). Danish offshore wind. Key Environmental Issues. Publicado por DONG Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority and The Danish Forest and Nature Agency.
- M. Dolores, Esteban, Diez , J. Javier , López, Jose S. ,Negroan, Vicente(2009), Propuesta de una metodología para la implantación de parques eólicos offshore
- M. Dolores, Esteban, Diez , J. Javier , López, Jose S. ,Negroan, Vicente(2010), Why offshore wind energy?. Science Direct.

- Michalis Menicou, Vassos Vassiliou (2010) Prospective energy needs in Mediterranean offshore aquaculture: Renewable and sustainable energy solutions

- Middelgrunden (2001) www.middelgrunden.dk/middelgrunden/?q=en/node/68. Environmental Impact Assessment of the wind farm at the Middelgrunden Shoal.

- Mityc(2009) www.mityc.es . Página del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. "Estudio Estratégico ambiental del litoral Español para la instalación de parques eólicos marinos".

- Nigel Buchan, 2002, Visual Assessment of Windfarms

- Pendón, J. Gabriel(1999) La Costa de Huelva. Una introducción a los procesos y productos sedimentarios.

- Pimentel D, et al. (2002) Renewable energy: current and potential issues. Bioscience 2002;52(12):1111–20.
- Puertos del Estado (2011) http://www.puertos.es/
- REE (2011) www. ree.es
- Richard Green, Nicholas Vasilakos (2010) The economic offshore wind

- Sánchez Moyano, Emilio(2005) Vigilancia ecológica del litoral andaluz (I) : monitorización de la macrofauna del sedimento y calidad ambiental de los fondos sublitorales.

- Sims REH, et al. Energy supply. (2007) In: Metz B, et al., editors. Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2007. p. 252–322.

- Söker, H. et al. (2000): North Sea Offshore Wind – A Powerhouse for Europe. Technical Possibilities and Ecological Considerations. A Study for Greenpeace. Hamburg, Germany: Greenpeace.

- Universidad de Cádiz (2010) La energía eólica marina en la provincia de Cádiz

8. ANEXO